

**DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL
SEGUIMIENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL ÁREA
DE MOLIENDA DE CAÑA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.**

JOSE LUIS RODRIGUEZ PAZ

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2012**

**DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL
SEGUIMIENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN EL ÁREA
DE MOLIENDA DE CAÑA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.**

JOSE LUIS RODRIGUEZ PAZ

**Proyecto de grado para optar el título de
Ingeniero Electricista**

**Director:
ROSAURA DEL PILAR CASTRILLON
INGENIERA ELECTRICISTA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2012**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electricista.

ENRIQUE QUISPE

Jurado

ADRIANA GONZÁLES

Jurado

Santiago de Cali, 30 de Mayo de 2012

Mi trabajo de grado se lo dedico a mi padre por toda la ayuda brindada en mi proceso de formación como profesional, en la ayuda incondicional brindada por él y el apoyo en cada proceso de esta carrera.

AGRADECIMIENTOS

A mi compañero de estudio Manuel Rodríguez jefe de potencia del ingenio Providencia S.A., por el apoyo brindado y a su personal de fabrica.

A la Universidad Autónoma de occidente, a todos los docentes que me acompañaron en este camino llenándome de conocimientos.

Agradezco a la ingeniera Rosaura Castrillón por toda su colaboración y en la formación como profesional y la ayuda brindada en todos estos años, por el espacio brindado como monitor en el área de laboratorios, el cual abrió mi camino en el ámbito laboral.

Especial agradecimiento a la profesora y directora de programa de ingeniería eléctrica Rosaura Castrillón, por todo el apoyo brindado en mi proceso de formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. ANTECEDENTES	21
2. OBJETIVOS	23
2.1. OBJETIVO GENERAL	23
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. JUSTIFICACIÓN	24
4. INDICADORES ENERGÉTICOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA E INDICADORES ENERGÉTICOS RECOMENDADOS PARA SER USADOS EN EL ÁREA DE MOLINOS	25
4.1. CONCEPTOS ACERCA DE LOS INDICADORES	25
4.1.1. ¿Qué es un indicador?.	25
4.1.2. Indicador de gestión.	26
4.1.2.1. Beneficios derivados de los indicadores de gestión.	26
4.1.2.2. Características de los indicadores de gestión.	27
4.1.3. Indicador de eficiencia.	28
4.1.3.1. ¿Qué es eficiencia?	28
4.1.3.2. Indicadores de eficiencia o del buen uso de los recursos.	28
4.1.4. Indicadores de eficacia o de resultados.	29
4.2. INDICADOR DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA	34
4.3. INDICADORES ENERGÉTICOS RECOMENDADOS PARA SER INCLUIDOS EN EL ÁREA DE MOLINOS	37
4.3.1. Indicador base 100.	37
4.3.2. Índice de consumo.	38
4.3.3. Indicador de tendencia.	38

5. METODOLOGIA UTILIZADA PARA LA CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL AREA DE MOLINOS	39
5.1. DESCRIPCION DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	39
5.1.1.Descripción del sistema eléctrico del ingenio providencia s.a.	40
5.1.1.1... Sistema de cogeneración.	40
5.1.1.2. Fabrica.	44
5.1.2.Descripción del proceso productivo en el ingenio providencia s.a.	46
5.2. DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	49
5.3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL ÁREA DE MOLINOS	51
5.3.1. Caracterización organizacional en el área de fábrica.	51
5.4. DIGRAMA DE CONTROL SOBRE EL AREA DE MOLINOS	56
5.5. ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA PARA EL ÁREA DE MOLINOS EN EL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	56
5.5.1.Línea de base energética.	57
5.5.2.Establecimiento de la línea de meta energética para el área de molinos en el ingenio providencia s.a.	60
6. INDICADORES APLICADOS AL ÁREA DE MOLINOS	63
6.1. ÍNDICE DE CONSUMO DEL ÁREA DE MOLINOS	63
6.2. INDICADOR BASE100 APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS	64
6.3. INDICADOR DE TENDENCIA APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS	65
7. PROTOCOLO PARA EL SEGUIMIENTO DE INDICADORES EN EL ÁREA DE MOLINOS	66
7.1. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	68
7.1.1. Observaciones en fábrica.	69
7.1.2. Observaciones de los laboratorios.	70
7.2. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS	71
7.3. DATOS DE LA VARIABLE DE CONTROL GENÉRICO	72
8. RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	75
8.1. MEDICIÓN ACTUAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	75
8.2. MEDICIÓN PROPUESTA PARA EL ÁREA DE MOLINOS DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.	76
9. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LOS EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO EN EL ÁREA MOLINO	78
9.1. IMÁGENES DE ESTADO DE MOTORES	79
9.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOTORES ESTÁNDAR VS MOTORES EFICIENTES	80
9.3. DIAGRAMA DE AHORRO ENERGÉTICO	82

9.4. DIAGRAMA TIEMPO DE RECUPERACIÓN	83
10. RECOMENDACIONES PARA CUMPLIR CON LA NORMA ISO 50001	84
10.1. ESTADO ACTUAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A. EVALUADO CON LA NORMA ISO 50001	85
11. CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de indicadores.	33
Tabla 2. Indicadores energéticos en fabrica de azúcar de caña (Kinoshita, 1996)	35
Tabla 3. Primer protocolo de indicadores energético realizado por un grupo interinstitucional cenicaña- ingenios.	36
Tabla 4. Datos de los turbogeneradores del área de cogeneración.	40
Tabla 5. Datos de los turbogeneradores del área de planta eléctrica	40
Tabla 6. Maquinaria ubicada en fábrica, en el área de molinos.	44
Tabla 7. Áreas de consumo eléctrico del ingenio PROVIDENCIA S.A.	49
Tabla 8. Sub áreas de consumo eléctrico del área de fabrica.	50
Tabla 9. Resultados obtenidos de la línea meta.	61
Tabla 10. Monitoreo del indicador recomendado para la implementación en el sistema SCADA.	66
Tabla 11. Variables de control genéricas.	72
Tabla 12. Resultado sobre la ubicación de los Medidores.	77
Tabla 13. Tabla de resultados de eficiencia.	80
Tabla 14. Estado actual del ingenio comparado con la norma ISO 50001.	85
Tabla 15. Datos de placa de los motores.	98
Tabla 16. Tiempo de operación en el año.	101
Tabla 17. Datos medidos de los motores con el analizador FLUKE 435.	102
Tabla 18. Historial de mantenimiento 2004 - 2010 (pesos).	105
Tabla 19. Historial de mantenimiento 2011 (pesos).	108
Tabla 20. Eficiencia entre motores de alta eficiencia y premium.	109

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ingenio Providencia S.A.	17
Figura 2. Indicador de gestión.	28
Figura 3. Mejoramiento continuo a través del ciclo PHVA.	31
Figura 4. Diagrama de productividad Vs rentabilidad.	33
Figura 5. Descripción del ingenio Providencia S.A.	39
Figura 6. Diagrama unifilar de todo el Ingenio Providencia S.A.	42
Figura 7. Diagrama unifilar del área de molinos.	45
Figura 8. Diagrama productivo de fábrica.	46
Figura 9. Foto del área de molinos.	48
Figura 10. Diagrama de distribución de entradas y salidas.	49
Figura 11. Gráficos de distribución energética de las áreas del ingenio.	50
Figura 12. Grafico de distribución energética de las áreas de fábrica.	51
Figura 13. Estructura organizacional actual del ingenio Providencia S.A.	54
Figura 14. Estructura organizacional recomendada para integra un sistema de gestión energética. Sobre el ingenio Providencia S.A.	54
Figura 15. Diagrama de control.	56
Figura 16. Línea base energética del área de molinos.	58
Figura 17. Línea base energética de molinos (Filtrado).	59
Figura 18. Diagrama de línea de meta energética para el área de molinos.	60
Figura 19. Grafico de ahorro frente al consumo de energía eléctrica.	62
Figura 20. Diagrama de índice de consumo del área de molinos.	63
Figura 21 Indicador base 100.	64

Figura 22 Indicador de Tendencias.	65
Figura 23. Indicador de base 100 en sistema SCADA del área de molinos.	68
Figura 24. Esquema de molino.	69
Figura 25. Diagrama causa y efecto con respecto a la baja eficiencia energética en planta de molinos.	71
Figura 26. Ubicación actual de medidores en el área de molinos.	75
Figura 27. Propuesta de ubicación de medidores para el área de molinos.	76
Figura 28. Diagrama de Pareto de los motores que mueven las bombas del área de molinos.	78
Figura 29. Fotos de los motores del área de molinos.	79
Figura 30. Diagrama de ahorro energético.	82
Figura 31. Diagrama de recuperación de la inversión.	83

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Estudio de eficiencia energetica para las bombas del area de molinos.	94
Anexo B. Caracterización del sector de molinos.	98
Anexo C. Tiempo de operación 101	
Anexo D. Mediciones.	102
Anexo E. Historial.	105
Anexo F. Recomendaciones generales para el mantenimiento de los motores.	111
Anexo G. Cuidados adicionales, recomendables para motores aplicados en área de riesgo.	113

GLOSARIO

CORRELACIÓN: en probabilidad y estadística, la correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal entre dos variables aleatorias. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y B) existe correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa.

FACTOR DE POTENCIA: se define factor de potencia, f.d.p., de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, S, si las corrientes y tensiones son ondas perfectamente sinusoidales.

SOBREDIMENSIONAMIENTO: hacer que algo tenga o parezca tener un tamaño o una importancia superior a los que debería poseer.

GESTIÓN: son guías para orientar la acción, previsión, visualización y empleo de los recursos y esfuerzos a los fines que se desean alcanzar, la secuencia de actividades que habrán de realizarse para lograr objetivos y el tiempo requerido para efectuar cada una de sus partes y todos aquellos eventos involucrados en su consecución.

LÍNEA BASE ENERGÉTICA: referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético:

NOTA 1. Una línea de base energética refleja un período especificado.

NOTA 2. Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.

NOTA 3. La línea de base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

EFICIENCIA: la eficiencia es el uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado. Se trata de la capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando de esta forma su optimización.

EFICACIA: es la capacidad de alcanzar el efecto que espera o se desea tras la realización de una acción.

TURBO GENERADORES: generador de electricidad accionado por una turbina hidráulica, de gas o de vapor.

SUBESTACIÓN: es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador.

COGENERACIÓN: es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente).

TRANSFORMADORES: dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida.

BARRAJE: término utilizado en el sector eléctrico para referirse a la conexión de un cuadro eléctrico a la red que lo alimenta.

EPSA: empresa de energía del pacifico S.A. E.S.P.

UPME: unidad de planeación minero energética de Colombia.

SGIE: sistemas de gestión integral de la energía

RESUMEN

En este proyecto se realizó un estudio de gestión eficiente de la energía eléctrica en el ingenio providencia S.A., por lo cual se realizó una caracterización energética en el área de molinos, para poder determinar la energía no asociada a la producción y proyectar los indicadores de gestión integral elaborado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME), al aplicar las herramientas que se encuentran en la (UPME) se puede establecer cómo se relaciona la energía en base a la producción en el área de molinos y establecer unos indicadores para ser más eficientes con el consumo de energía, saber en las condiciones que se encuentra el ingenio, si son eficientes en su proceso.

Palabras Claves: upme, sistema scada, indicadores energéticos, gestión eficiente de la energía, norma iso 50001.

INTRODUCCIÓN

Los ingenios azucareros contribuyen en forma importante a la economía del país”, revela estudio de Fedesarrollo. En los municipios donde el cultivo de caña es representativo, el promedio de calidad de vida es superior al de otros municipios agrícolas del país.

El sector azucarero colombiano continúa afianzando su compromiso social con la comunidad, a través de programas educativos, sociales y ambientales, entre otros, que desarrolla en diferentes zonas del Valle geográfico del río Cauca. En el tema social, el impacto del sector azucarero colombiano, en su área de influencia es significativo en cuanto a la generación de empleo, que actualmente asciende a más de 250.000 puestos de trabajo. En cuanto al trabajo que realiza el gremio azucarero en el valle geográfico del Río Cauca, en cumplimiento de su compromiso con el medio ambiente, está la labor con las asociaciones protectoras de las cuencas hidrográficas de los departamentos de Cauca y Valle, a través de la Corporación para el Desarrollo y Paz del Valle del Cauca (Vallenpaz). Para este fin se cuenta con 14 asociaciones de usuarios que trabajan en proyectos de conservación y preservación de cuencas, así como en otros proyectos productivos que benefician a las familias campesinas que habitan las zonas altas. En campo, cosecha y fábrica de azúcar, así como en las destilerías de alcohol carburante, se han invertido para la conservación del medio ambiente más de 53.000 millones de pesos. En el año 2005 ingresó el etanol como parte del portafolio de productos del sector azucarero. Del total de la inversión, 139 millones de dólares, el 35% se destinó a la instalación de tecnología de punta para garantizar una producción amigable con el medio ambiente¹.

En Colombia, de las 6 millones de toneladas de bagazo producidas al año por los ingenios, un 85 por ciento es utilizado como combustible en las calderas de los mismos y el restante 15 por ciento se convierte en materia prima para la industria productora de papel. El avance en las tecnologías necesarias para transformar el bagazo ha hecho que éste deje de considerarse un desecho y se convierta en una materia prima tanto por su contenido de celulosa y por su valor energético.

Según Asocaña, la cogeneración es un procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica y térmica. El sector azucarero ha sido señalado por estudios nacionales e internacionales como aquel de mayor potencial de

¹ Fedesarrollo: impacto socioeconómico del sector azucarero colombiano en la economía nacional y regional Diciembre 2009. [en línea] [Consultado 2 de junio de 2011]. Disponible en internet: http://www.tecnicana.org/pdf/2010/resum_ejecut_fedesarrollo_dic_09.pdf

cogeneración en Colombia por su disponibilidad de biomasa, en especial el bagazo. Este subproducto, constituye la fuente primaria de energía para la cogeneración². Historia del ingenio providencia S.A.

Figura 1. Foto Ingenio Providencia S.A.



Fuente: Pagina de consulta de la administración del Cerrito – Valle.³

En la primera década del siglo XX, don Modesto Cabal Galindo fundó la sociedad agrícola e industrial “Central Azucarero del Valle S.A.”, El capital de la sociedad fue fijado en \$500.000, dividido en acciones de 100 pesos cada una. La nueva empresa adquirió la hacienda de don Alfonso Cabal por \$120.000 y poco tiempo después le anexó las tierras vecinas de La Margarita y La Dolores.

Durante 1928 la fábrica produjo 10.875 quintales, lo que dibujaba un excelente panorama para los años venideros. Fue a pesar de todo un año muy difícil pues la importación de la maquinaria, su transporte, montaje y ajuste de las máquinas y equipos complementarios, la preparación del personal técnico y administrativo, el cultivo y posterior cosecha de la caña, la organización comercial y en fin el montaje de esta nueva

² Asocaña: Cogeneración en el sector azucarero colombiano. Autor Edgar F. Castillo PhD, segundas jornadas de generación [en línea] [Consultado 4 de julio de 2011]. Disponible en internet: <http://www.acolgen.org.co/jornadas2gen/CenicanaCogeneracion.pdf>

³ Municipio El Cerrito, Valle del Cauca [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://elcerrito-valle.gov.co/sitio.shtml?apc=m-G5--&x=2661373>

empresa fueron etapas difíciles que necesitaron de personas muy capacitadas y una inversión muy alta.

En 1960 se inició un ensanche en la fábrica, para obtener una capacidad de procesamiento de 2.500 toneladas por día. En 1964 la capacidad de molienda ascendió a 4.000 toneladas diarias, en 1980 llegó a 5.600 toneladas por día. Durante 1995, la fábrica del Ingenio Providencia tuvo una molienda promedio de 8.300 toneladas por día. Los 90 fueron una década fundamental en la historia del Ingenio Providencia, la Fábrica fue ampliando su capacidad de molienda, hasta lograr poseer una de las más modernas plantas. En 1991 el Ingenio pasó a formar parte de la Organización Ardila Lülle, incorporándose grandes avances tecnológicos y diferentes cambios en su estructura organizacional.

El 1 y 2 de septiembre de 1999 el Ingenio Providencia realizó la primera prueba comercial de Azúcar Orgánica, moliendo 6.109 toneladas de caña orgánica certificada, mediante la cual se produjeron 7.662 quintales de azúcar orgánica, convirtiéndose en el primer y único Ingenio en Colombia en lograr una molienda y una producción de estas cantidades.

En 2005, decidió aportarle al mejoramiento de la calidad del aire y puso en funcionamiento la segunda más grande y moderna planta de alcohol carburante en el País, con una capacidad instalada de 250 mil litros días, la que amplió en 2011 alcanzando una capacidad de producción de 300 mil litros día.

Y continuando con su permanente interés en la conservación ambiental, en 2009 inició operación la planta de cogeneración de energía eléctrica, con capacidad de producir 34 MW día, a partir de fuentes renovables como es el bagazo de la caña de azúcar.

En la actualidad el Ingenio Providencia cuenta con 29.717 hectáreas brutas sembradas en caña. Tiene una capacidad instalada de molienda de 9.200 toneladas por día hábil promedio, que permite tener una producción anual de 4.900.000 quintales de azúcar, 93 millones de litros de alcohol carburante y generar diariamente 34 MW de energía, de los cuales entrega la mitad a la red pública y el resto es utilizado para el consumo del Ingenio.

El Ingenio le aporta al desarrollo social de la región con su máxima obra: El Centro de Formación Integral Providencia, donde estudian 4 mil personas desde maternal hasta tecnologías, gracias a convenios con el SENA y CERES.

Adicional al Centro de Formación y a las donaciones que durante el año hacemos a nuestras comunidades vecinas, tenemos a disposición de los habitantes del País y

turistas extranjeros, el Museo de la Caña de Azúcar, como aporte a la cultura de esta región Colombiana⁴.

El Ingenio Providencia S.A., se encuentra ubicado a 40 Km. de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca y a 12 Km. del municipio de Palmira⁵.

Posee un área de influencia de más de 25 mil hectáreas cultivadas en caña de azúcar. El Ingenio tiene una molienda promedio de 8.500 toneladas diarias de caña, para una producción anual de 4.500.000 quintales de azúcar y 76 millones de litros al año de alcohol carburante⁶.

En el ingenio providencia comenzó a ver la importancia de generar energía eléctrica, aprovechando el bagazo de la caña para su producción. Generando así su abastecimiento con un material que se estaba desperdiciando. Sin embargo, el compromiso del ingenio en la reducción del consumo eléctrico en sus instalaciones, ve la necesidad de encaminar acciones que permitan reducir estos consumos sin que esto afecte en la producción, al contrario mantener o aumentar su producción dándole un buen manejo al consumo eléctrico.

Este proyecto realiza un análisis de eficiencia energética en el área de molinos del Ingenio Providencia S.A., tomando como partida la caracterización energética del área de molinos, con el fin de analizar el comportamiento de los indicadores de gestión energética y el impacto que generan en la eficiencia energética del área de molinos y la posición del ingenio con base a la norma ISO 50001.

También se fija un análisis de la línea base y meta del área de molinos para la identificación de la energía no asociada a la producción y el posible ahorro de energía eléctrica, en este proyecto también se hace mención a la sugerencia de equipos de medición y el análisis de las variables de control en el área de molinos.

Utilizando las herramientas recomendadas por la UPME sobre la gestión integral de la energía, se implementan el uso de indicadores energéticos en el área de molinos para determinar los momentos en los cuales se es eficiente e ineficiente en esta área.

⁴Datos referenciados de la página web del ingenio providencia S.A., Organización Ardila Lule. [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: www.ingprovidencia.com/content/historia

⁵ Datos referenciados de la página web del ingenio providencia S.A., Organización Ardila Lule [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.ingprovidencia.com/empresa/ubicacion>

⁶ Datos referenciados de la página web del ingenio providencia S.A., Organización Ardila Lule [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ingenio-Providencia/3167378>.

Se plantea un protocolo de seguimiento a los indicadores energéticos, para ser monitoreados por parte del ingenio Providencia S.A.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es imprescindible reducir la dependencia de la economía del petróleo y los combustibles fósiles. Es una tarea urgente, porque la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serios.

En los países desarrollados, el consumo de energía en los últimos veinte años, no ha crecido como se había previsto, sino que ha disminuido. Las industrias fabrican sus productos empleando menos energía.

En cambio en los países en desarrollo, aunque el consumo de energía por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora. Sucede esto, entre otros motivos, porque muchas veces las tecnologías que implantan son poco eficientes.

Dada la competencia a nivel mundial entre las diferentes multinacionales, esto ha provocado una reacción en optimizar sus procesos, con la finalidad de ofrecer al mercado productos de alta calidad, amigables con el medio ambiente y al mínimo costo de fabricación.

La industria nacional no es ajena a esto, incluyendo los últimos acontecimientos políticos donde Colombia se abre al mundo con los diferentes tratados de libre comercio firmados con diferentes países, obligando a que el sector industrial Colombiano entre en la dinámica de la eficiencia energética en todos sus procesos para ser competitivos a nivel nacional como internacional.

La problemática de la poca eficiencia en el consumo eléctrico se deben a que las políticas empresariales no se han enfocado hacia la eficiencia energética y la competencia en el sector industrial y en este caso el sector azucarero colombiano. Es necesaria la implementación de técnicas de ahorro energético al sector azucarero, para reducir el consumo de energías y producir la misma cantidad de azúcar con menos energía eléctrica.

De acuerdo a lo anterior, es necesario la implementación de herramientas para el ahorro energético en el ingenio providencia para determinar:

- las áreas de mayor consumo energético y determinar la energía que no está asociada a la producción, utilizando las herramientas de gestión energética recomendado por la UPME.
- Encontrar líneas base y meta energética que ayuden a la eficiencia energética, e implementar indicadores de gestión energética para realizar seguimientos al proceso en búsqueda de procesos ineficientes.

1.2. ANTECEDENTES

Por varios años en el ingenio providencia se utilizaron las turbinas de vapor de 1200hp, en el área de molienda, en su momento fueron muy importantes, pero con el tiempo se reflejaba la ineficiencia de esta máquina y con ello la necesidad de cambiarla, la solución a este problema fueron unos motores eléctricos de 1000hp en los cuales el aprovechamiento fue mayor, disminuyó la ineficiencia que presentaba la antigua máquina de vapor, con este cambio se alcanzaron los logros que se tenían planeados, que principalmente era de reducir la ineficiencia y aumentar la producción.

El ingenio cuenta con una capacidad instalada de 34 megavatios, de los cuales 14 son utilizados para cubrir la demanda de la factoría, mientras que los 20 restantes son para la venta, es decir, ingresarán al sistema interconectado nacional.

Actualmente la empresa tiene un problema que son los motores los cuales están presentes en las áreas de la empresa, estos motores presentan una ineficiencia muy grande para la empresa, la mayoría de ellos cuentan con muchas rebobinadas, trabajan sobre dimensionado para el trabajo que tienen en la planta y esto lo que implica es un costo muy elevado para la empresa, con esta problemática la empresa ha pensado en la opción de cambiarlos por motores eficientes, para reducir el costo elevado que presentan motores.

La Empresa ha sido pionera en la Industria Azucarera en la adquisición de tecnologías limpias. Tal es el caso del precipitador electrostático, el cual limpia gases del proceso usando fuerzas eléctricas para quitar partículas sólidas que arrastra el flujo de gas.

El Ingenio cuenta con los sistemas SYSO y BASC además de un sistema ambiental completamente implementado con base en la norma ISO 14001 y orientado al cuidado

de sus recursos aire, agua y suelo, a pesar que aún no cuenta con la respectiva certificación.

Gracias al compromiso de todos el ICONTEC hizo entrega el 14 de diciembre de 2006 del certificado NTC- OHSAS 18001 a nuestro Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional. Un logro más para nuestro Ingenio⁷.

El ingenio no cuenta con un sistema de gestión integral de la energía (SGIE), el cual es recomendado para la optimización de su consumo energético.

⁷ Datos referenciados de la página web del ingenio providencia S.A., Organización Ardila Lule [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.ingprovidencia.com/content/calidad-e-inocuidad>

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar indicadores de gestión para el seguimiento de la eficiencia energética eléctrica en el área de molienda de caña del ingenio providencia.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el consumo energético eléctrico del área de molienda.
- Cuantificar las líneas bases y metas del consumo de energía eléctrica del área productiva y de cada uno de los equipos asociados.
- Implementar un esquema medición y control para seguimiento a indicadores propuestos.
- Realizar los protocolos para la elaboración y seguimiento de indicadores tanto técnicos como de gestión.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de los indicadores de gestión energética en el Ingenio Providencia S.A, constituye un punto importante en la caracterización energética y la posterior implementación de la norma ISO 50001, la cual nos permite evaluar los consumos en distintas etapas de la producción, identificar las áreas de mayor consumo y la energía no asociada a la producción.

Además que nos permite estructurar planes de ahorro energético dentro del ingenio Providencia, los cuales estarán asociados a la producción, al ser más eficientes en el consumo de energía eléctrica.

La aplicación de gestión energética dentro de una empresa más que minimizar costos de producción (pesos), es incentivar o crear una cultura de uso racional de la energía.

4. INDICADORES ENERGÉTICOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA E INDICADORES ENERGÉTICOS RECOMENDADOS PARA SER USADOS EN EL ÁREA DE MOLINOS

En este capítulo se explica el concepto del indicador, los diferentes tipos de indicadores y los indicadores que se manejan en la industria azucarera Colombiana. La relación de los indicadores con el seguimiento de la eficiencia energética en una industria, particularmente los Ingenios Azucareros.

4.1. CONCEPTOS ACERCA DE LOS INDICADORES

4.1.1. ¿Qué es un indicador? Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía.

Empleándolos en forma oportuna y actualizada, los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en su desempeño global.

Los indicadores son una forma clave de retroalimentar un proceso, de monitorear el avance o la ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos, entre otros.

Y son más importantes todavía si su tiempo de respuesta es inmediato, o muy corto, ya que de esta manera las acciones correctivas son realizadas sin demora y en forma oportuna.

No es necesario tener bajo control continuo muchos indicadores, sino sólo los más importantes, los claves. Los indicadores que engloben fácilmente el desempeño total del negocio deben recibir la máxima prioridad. El paquete de indicadores puede ser mayor o menor, dependiendo del tipo de negocio, sus necesidades específicas entre otros⁸.

⁸ Pérez Jaramillo, Carlos Mario. Los indicadores de gestión “Curso Índices de Gestión”, soporte & CIA. Ltda. [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf>

Tipos de indicadores.

- Indicador de gestión.
- Indicador de eficiencia.
- Indicador de eficacia.
- Indicadores de gestión energética (Estos son los indicadores utilizados en este proyecto).

4.1.2. Indicador de gestión. Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

Para trabajar con los indicadores debe establecerse todo un sistema que vaya desde la correcta comprensión del hecho o de las características hasta la de toma de decisiones acertadas para mantener, mejorar e innovar el proceso del cual dan cuenta.

El concepto de indicadores de gestión, remonta su éxito al desarrollo de la filosofía de Calidad Total, creada en los Estados Unidos y aplicada acertadamente en Japón.

Al principio su utilización fue orientada más como herramientas de control de los procesos operativos que como instrumentos de gestión que apoyaran la toma de decisiones. En consecuencia, establecer un sistema de indicadores debe involucrar tanto los procesos operativos como los administrativos en una organización, y derivarse de acuerdos de desempeño basados en la Misión y los Objetivos Estratégicos⁹.

4.1.2.1. Beneficios derivados de los indicadores de gestión. Entre los diversos beneficios que puede proporcionar a una organización la implementación de un sistema de indicadores de gestión, se tienen:

- Satisfacción del cliente: La identificación de las prioridades para una empresa marca la pauta del rendimiento. En la medida en que la satisfacción del cliente sea una prioridad para la empresa, así lo comunicará a su personal y enlazará las estrategias con

⁹ Pérez Jaramillo, Carlos Mario. Los indicadores de gestión “Curso Índices de Gestión”, soporte & CIA. Ltda. [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf>

los indicadores de gestión, de manera que el personal se dirija en dicho sentido y sean logrados los resultados deseados.

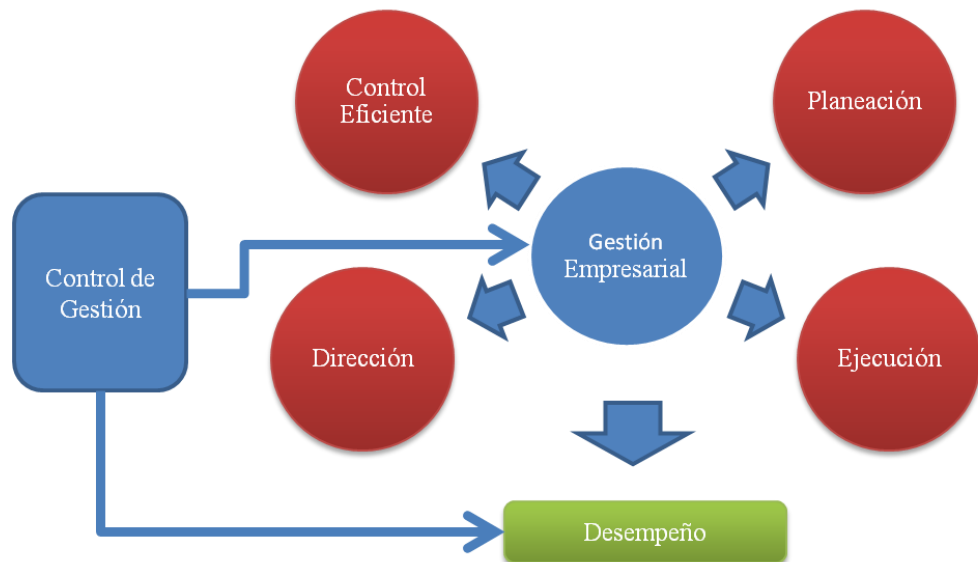
- **Monitoreo del proceso:** El mejoramiento continuo sólo es posible si se hace un seguimiento exhaustivo a cada eslabón de la cadena que conforma el proceso. Las mediciones son las herramientas básicas no sólo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones.
- **Benchmarking:** Si una organización pretende mejorar sus procesos, una buena alternativa es traspasar sus fronteras y conocer el entorno para aprender e implementar lo aprendido. Una forma de lograrlo es a través del benchmarking para evaluar productos, procesos y actividades y compararlos con los de otra empresa. Esta práctica es más fácil si se cuenta con la implementación de los indicadores como referencia.
- **Gerencia del cambio:** Un adecuado sistema de medición les permite a las personas conocer su aporte en las metas organizacionales y cuáles son los resultados que soportan la afirmación de que lo está realizando bien.

4.1.2.2. Características de los indicadores de gestión. Los indicadores de gestión deben cumplir con unos requisitos y elementos para poder apoyar la gestión para conseguir el objetivo. Estas características pueden ser:

- **Simplicidad:** Puede definirse como la capacidad para definir el evento que se pretende medir, de manera poco costosa en tiempo y recurso.
- **Adecuación:** Entendida como la facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.
- **Validez en el tiempo:** Puede definirse como la propiedad de ser permanente por un periodo deseado.
- **Participación de los usuarios:** Es la habilidad para estar involucrados desde el diseño, y debe proporcionárseles los recursos y formación necesarios para su ejecución. Este es quizás el ingrediente fundamental para que el personal se motive en torno al cumplimiento de los indicadores.
- **Utilidad:** Es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que han llevado a que alcance un valor particular y mejorarlas.

- Oportunidad: Entendida como la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo. Igualmente requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar.

Figura 2. Indicador de gestión.



4.1.3. Indicador de eficiencia.

4.1.3.1. ¿Qué es eficiencia? Es un logro de un objetivo al menor costo posible, buscar un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados.¹⁰

4.1.3.2. Indicadores de eficiencia o del buen uso de los recursos. Los indicadores de eficiencia se enfocan en el control de los recursos o las entradas del sistema, evalúan la relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento por parte de los procesos o actividades. Consiste en el examen de costos en que incurren las entidades públicas encargadas de la producción de bienes y/o la prestación de servicios, para alcanzar sus objetivos y resultados. Por lo tanto, se entiende por eficiencia el costo (costo mínimo) con el cual la entidad cumple sus objetivos (hacer más con menos recursos). La eficiencia está dada como una medida del manejo de los recursos o de las variables existentes en el proceso. Los recursos o variables que están presentes en el proceso son: Talento humano, presupuesto, equipos tecnológicos, logísticos y metodológicos. En

¹⁰ Iván Thompson, Definición de eficiencia [en línea] [Consultado 10 de Agosto de 2011]. Disponible en internet: <http://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>

resumen, la eficiencia está relacionada con las respuestas que demos al interrogante de cómo se hizo. Este tipo de indicadores mide la forma de cómo se utilizaron los recursos durante el proceso de generación del producto y/o servicio.

Ejemplos:

- Costo unitario del insumo.
- Tiempo promedio de atención.
- Tiempo promedio de respuesta a una necesidad o solicitud.
- Productividad total, promedio o per cápita.
- Utilización de medios electrónicos.
- Nivel de sistematización y automatización de procesos.

4.1.4. Indicadores de eficacia o de resultados. Los indicadores de eficacia se enfocan en el control de los resultados del sistema, evalúan la relación entre la salida del sistema y el valor esperado (meta) del sistema. Es el análisis de la oportunidad con que las entidades públicas encargadas de la producción de bienes y/o prestación de servicios logran sus resultados, así como la relación que estos guardan con los objetivos y metas que la Dirección les define para un periodo determinado, en términos de cantidad, calidad y oportunidad. Sus objetivos son determinar el cumplimiento de planes y programas de la entidad, tanto a nivel micro-como macroeconómico, con respecto a los planes y programas determinados por los diferentes sectores y por la política económica y evaluar la oportunidad (cumplimiento de la meta en el plazo estipulado), al igual que la cantidad (volumen de bienes y servicios generados en el tiempo). En resumen, la eficacia está relacionada con las respuestas que demos al interrogante de qué se hizo. Este tipo de indicadores mide si lo que se generó se ajusta a los objetivos y metas propuestos inicialmente.

Ejemplos:

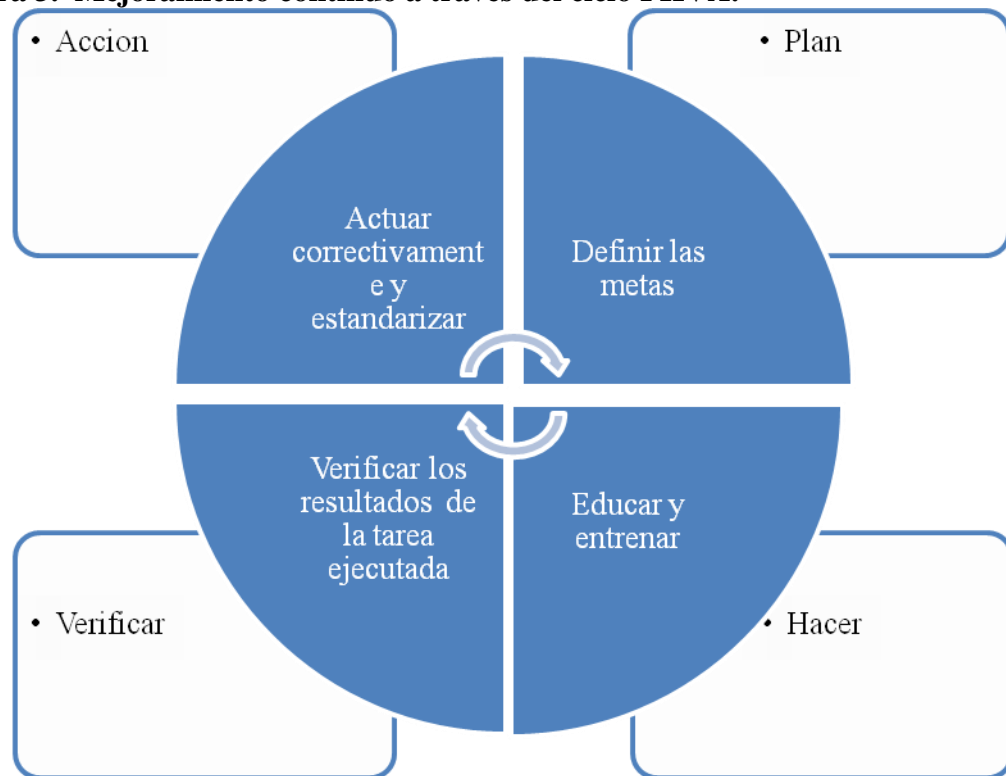
- Cumplimiento de requisitos mínimos por hoja de vida.
- Evaluación del desempeño.
- Índice de comportamiento ético.
- Porcentaje de ausentismo laboral y sus causas.
- Nivel de satisfacción laboral.

- Nivel de bienestar (Índice de bienestar).
- Nivel de incidencia de la capacitación en el mejoramiento continuo o en la productividad
- Porcentaje de riesgos controlados.
- Eventos adversos.
- Número de productos reprocesados.
- Los indicadores como parte activa del mejoramiento continuo.

Tener implementados en las entidades sistemas de control interno y sistema de gestión de la calidad implica trabajar con el enfoque del mejoramiento continuo, lo que permite obtener beneficios como mejoramiento en calidad, alta productividad, mejor disponibilidad y confiabilidad de cada uno de los recursos, estandarización y competitividad en un futuro. Lo anterior muestra que el mejoramiento continuo es un camino hacia la excelencia y esta a su vez es la que permite el crecimiento de las entidades.

El mejoramiento continuo se basa en el ciclo PHVA, que se expone en la siguiente gráfica:

Figura 3. Mejoramiento continuo a través del ciclo PHVA.



Construcción de indicadores.

Las siguientes son actividades propuestas para lograr estructurar un sistema de indicadores dentro de la organización:

1. Crear un grupo de trabajo de indicadores (PLANEAR).
2. Identificar las actividades a medir (PLANEAR).
3. Establecer un procedimiento de medición (objetivo, asignación de responsabilidades, preparación de administración del sistema) (PLANEAR).
4. Ejecución del proceso (HACER).
5. Seguimiento al sistema por medir y puesta en marcha de las acciones correctivas (VERIFICAR).
6. Verificación de eficacia de los indicadores existentes para determinar los que se mantiene en, los que se modifican y los que se suprimen (ACTUAR).Cualquier

metodología que permita implementar un sistema de indicadores de gestión en una organización debe tener en cuenta los elementos asociados para permitir una adecuada retroalimentación, y además presentar información clara y complementaria con otras herramientas de gestión que ayuden a analizar causas y a establecer puntos de mejora para sustentar así la decisión por tomar. Si es posible, debe mostrarse la relación que presenta con otros indicadores.

Estructura básica de un indicador Objetivo.

Señalar para qué se establece el indicador y qué mide.

Definición. Debe ser simple y clara, e incluir además solo una característica.

Responsabilidad. Indica el proceso dueño del indicador y por lo tanto los responsables de las acciones que se deriven de este.

Recursos. De personal, instrumentos, informáticos, entre otros.

Periodicidad. Debe ser la suficiente para informar sobre la gestión.

Nivel de referencia. Pueden ser datos históricos, un estándar establecido, un requerimiento del cliente o de la competencia, o una cifra acordada por consenso en el grupo de trabajo.

Puntos de lectura. Debe tenerse claro en qué punto se llevará a cabo la medición, al inicio, en una etapa intermedia o al final del proceso.

El requisito previo para formular indicadores de evaluación es que la organización tenga claros los objetivos que orientarán en el mediano y largo plazo su misión o razón de ser. Definidas la misión, los objetivos estratégicos y los productos relevantes de la institución, se requiere establecer metas de gestión que establezcan los logros que se quiere alcanzar en cada uno de los procesos que surgen a partir de los objetivos estratégicos.

Factores para medir a través de los tipos de indicadores:

Tabla 1. Tipos de indicadores.

Eficiencia	Eficacia
Recursos	calidad
Mano de obra	cumplimiento
Maquinaria	costo
Medios logísticos	confiabilidad
Métodos	comodidad
Medios financieros	comunicación

¿Qué puede ser controlado con los indicadores?

- Procesos.
- Productos.
- Resultados Intermedios.
- Resultados finales y su impacto.

Figura 4. Diagrama de productividad Vs rentabilidad.



Fuente: Ing. Cruz Lezama Osáin. Evaluación económica y financiera de proyectos, marzo de 2008.

4.2. INDICADOR DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA

La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado, para conseguir la máxima eficiencia en el suministro conversión y utilización de la energía. Esto es lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma pero sin perjuicio del confort, productividad y la calidad de la producción. Puede considerarse como el primer y necesario paso para conseguir los objetivos de conservación de energía y reducción de las facturas de energéticos.¹¹

Los indicadores de la eficiencia del proceso energético son herramientas fundamentales para la gestión correspondiente. Los beneficios de contar con indicadores confiables son, entre otros:

- Dispones de una herramienta de fácil manejo y consulta para el monitoreo y control de la eficiencia de los procesos.
- Identificar áreas del proceso en las cuales la eficiencia energética es baja.
- Dar seguimiento a los resultados de proyectos y acciones desarrolladas con el fin de mejorar el proceso o la eficiencia energética del mismo.

En otras palabras, los indicadores sirven como testigo en el proceso de mejoramiento continuo.

- Agilizar el benchmarking suministrando información sobre los procesos, equipos y tecnologías, lo que resulta útil para proyectar nuevas configuraciones de la planta de producción y tomar decisiones.

Algunos técnicos de la industria han propuesto diferentes indicadores energéticos buscando índices realmente comparativos. Una aproximación interesante la constituye el protocolo desarrollo por la internacionalización CANE ENERGY Network (Red Internacional de energía en ingenios azucareros) a través de WINROCK International y con la ayuda del investigador hawaiano Charles Kinoshita (1996), quien ha formulado una guía para la medición, y el análisis y el reporte de cifras de eficiencia y consumo

¹¹ UPME: Pagina de consulta de la unidad de planeación minero energética [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: <http://www1.upme.gov.co/>.

energético en las plantas industriales procesadoras de azúcar. La metodología propuesta esta basada en el análisis de las fabricas como productoras de azúcar crudo donde contabilizan todas las entradas de energía (electricidad comparada, combustibles suplementarios como carbón, fuel oil, crudo, diesel) y todas las salidas a consumidores externos o posteriores a la obtención del azúcar crudo (p. ej. Refinería, destilería, pozos y venta de bagazo o electricidad). De esta manera se coloca todas las fábricas de la industria azucarera en condiciones similares para el análisis y la comparación de los indicadores de eficiencia energética.

Para garantizar índices energéticos confiables y comparables es indispensable definir y establecer la forma de cálculo de manera unificada. El programa de estandarización de los sistemas de medición en los ingenios colombianos, liderado por CENICAÑA, ha proporcionado a las fábricas locales la base de comparación y análisis de variables importante, mediante el empleo de un sistema homologado de análisis químico y reporte de resultados. El paso siguiente debe ser la definición y análisis de indicadores energéticos¹².

La siguiente tabla muestra un buen ejemplo de la especificación y el empleo de los indicadores energéticos en la industria azucarera.

Tabla 2. Indicadores energéticos en fabrica de azúcar de caña (Kinoshita, 1996)

INDICADOR	VALOR TÍPICO
Fibra(% Caña)	10-15 %
Imbibición (% Fibra)	200 - 250%
Humedad (% Bagazo)	45 - 50%
Ceniza (% Bagazo)	-
Vapor a accionamientos mecánicos Caña*	-
Vapor de escape a elaboración: Caña*	Eficiencia<400 kg/tc Promedio de 450 - 500 kg/tc Ineficiente 550 kg/tc
Gases vegetales a elaboración :	
Escapes a elaboración	-
Dilución del jugo mezclado	-

¹²Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia, Indicadores de gestión energética en la industria azucarera Colombiana. [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: http://www.cenicana.org/pdf/carta_trimestral

INDICADOR	VALOR TÍPICO
Concentración de meladura	Eficiente 68° Brix Promedio 65° Brix Ineficiente < 62° Brix
Eficiencia en calderas	Eficiente > 65 Promedio 60 - 65 % Ineficiente < 60 %
Vapor vivo generado Bagazo	1,9 - 2,0
Heat Rate (moliendo)*	<36000kj/kWh
Electricidad generada: caña	100kW/tc
Generación neta: caña*	-
Combustible suplementario (%kj)	-
Consumo potencia mecánica: Caña*	10 - 20kWE/tc
Tiempo perdido: tiempo hábil programado	-

Fuente: Cane Cogen India. 1999. New Delhi, India, jul. Vol. IV. Pág. 9

La siguiente tabla muestra un estudio publicado por CENICAÑA de indicadores energéticos en la industria azucarera Colombiana.

Las actividades adelantadas por este grupo interinstitucional cenicaña-ingenios han sido exitosas en el propósito de definir un primer protocolo de los indicadores energéticos relacionados con la generación de vapor, la generación de energía eléctrica y el consumo de energía térmica y eléctrica del proceso y de toda la planta.

Tabla 3. Primer protocolo de indicadores energético realizado por un grupo interinstitucional cenicaña- ingenios.

INDICADORES ENERGÉTICOS SOBRE GENERACIÓN DE VAPOR Y ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA EN INGENIOS COLOMBIANOS.	
Calderas: Humedad bagazo (%) Ceniza bagazo, base húmeda (%) PCS bagazo calculado – base húmeda (BTU/lbm) Eficiencia térmica calderas (%) Relación vapor/bagazo	Proceso de recuperación de azúcar: Molienda (tch) Imbibición % Caña Tiempo perdido Generación bruta (Lbv/tc) Generación neta (Lbv/tc) Escape a elaboración (Lbv/tc)

INDICADORES ENERGÉTICOS SOBRE GENERACIÓN DE VAPOR Y ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA EN INGENIOS COLOMBIANOS.	
Consumo combustible adicional (%)	Consumo escape (Lbv/t. brix JD) Brix JD Brix JC Brix meladura
Generación de electricidad: Consumo específico de vapor (Lbv/kW-h) Generación de electricidad (Kw-h/tc) Venta de electricidad (Kw-h/tc) Exportación neta (Kw-h/tc): Consumo eléctrico fábrica (Kw-h/tc) Consumo eléctrico fábrica (Kw-h/taz) Heat Rate Cogeneración (BTU/kW-h) Heat Rate Bruto (BTU/kW-h) Utilización de planta eléctrica (%)	Balance global fábrica: Combustible bagazo (kW-h/taz) Combustible diferente a bagazo (kW-h/taz) Generación diesel (Kw-h/taz) Compra electricidad (Kw-h/taz) Energía que entra a fábrica (Kw-h/taz) Bagazo exporta (Kw-h/taz) Venta electricidad (Kw-h/taz) Elect. otras dependencias (Kw-h/taz) Energía que sale de fábrica (Kw-h/taz) Consumo neto fábrica (Kw-h/taz)

Fuente: Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. Cali 2003. Informe anual Cenicaña.

4.3. INDICADORES ENERGÉTICOS RECOMENDADOS PARA SER INCLUIDOS EN EL ÁREA DE MOLINOS

Los indicadores utilizados en este proyecto son el Indicador base 100 y el índice de consumo, los cuales son recomendados para incluir dentro de los indicadores que tiene implementado el Ingenio Providencia S.A., Al tener implementado estos indicadores dentro del ingenio ayudara a una rápida implementación de la norma ISO 50001:

4.3.1. Indicador base 100. Es un indicador de gestión del área energética que refleja el comportamiento de los resultados respecto a la meta tomando como cumplimiento de la misma el valor 100.

Indicador de eficiencia base

$$100 = (E. Tendencia/E. Medida)*100.$$

$$E. Tendencia= mP + Eo.$$

4.3.2. Índice de consumo. Relación que existe entre la energía consumida y las unidades de producto obtenidas en un proceso dado. (KW/Ton; m3/Kg; MBTU/m2; Ton vapor/Kg etc.).
IC= Kwh/Ton.

4.3.3. Indicador de tendencia. Este indicador y su grafico se utilizan para monitorear la tendencia de la empresa, área o equipo en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un periodo base dado.
 $(E. Medida - E. Tendencia) * i + (E. Medida - E. Tendencia) * (i+1)$

5. METODOLOGIA UTILIZADA PARA LA CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL AREA DE MOLINOS

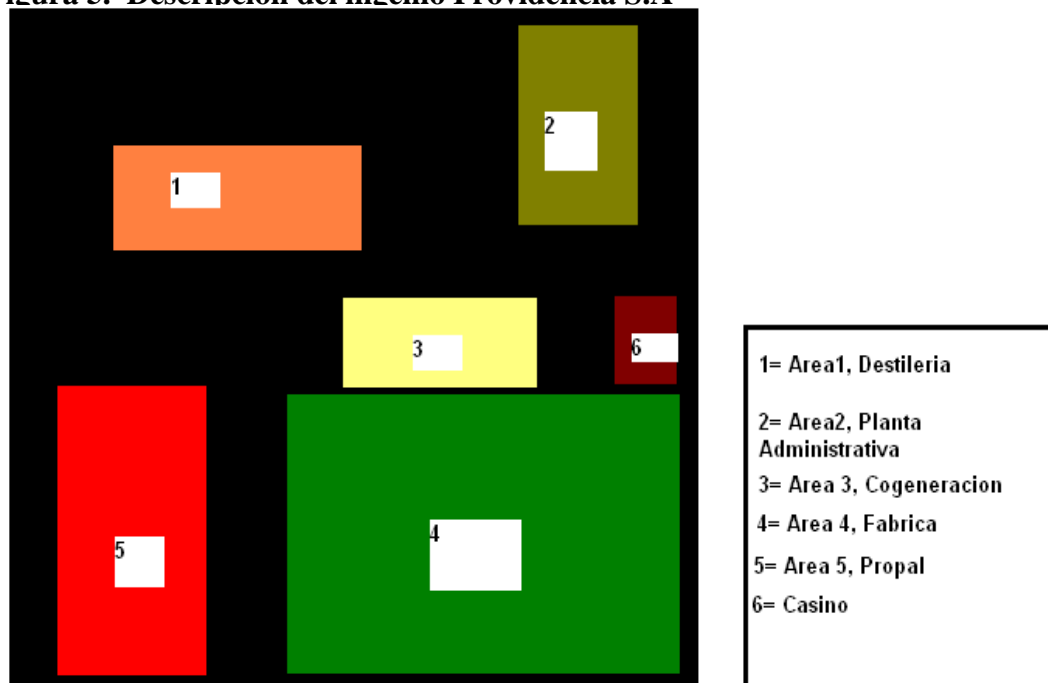
En este capítulo se realizó una caracterización energética con el propósito de establecer las áreas de mayor consumo de energía eléctrica dentro del ingenio Providencia S.A., de las cuales se escogerá una de las áreas de mayor impacto y en la cual se centrará este estudio.

Se recolectará la información de históricos de consumo de energía eléctrica que tiene la empresa, para la obtención de los indicadores, con el cual se trabajará para identificar las áreas de mayor consumo y los focos de ahorro energético. Con los datos de los históricos, se trabajará para la obtención de las líneas base y meta para mejorar el consumo de energía, tanto en el área productiva como en los equipos que están asociados en ella.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Descripción de áreas:

Figura 5. Descripción del ingenio Providencia S.A



Área 1: Destilería Fabricación de alcohol, alimentado por caldera 4 y cogeneración.

Área 2: Planta administrativa, manejo administrativo de todo el ingenio providencia.

Área 3: Cogeneración, generación de energía en el INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Área 4: Fabrica, elaboración principal azúcar, alimentación de calderas (bagazo), alimentación de destilería (melaza) y abono orgánico (gabazo).

Área 5: Propal.

Área 6: Casino, zona de comidas.

5.1.1. Descripción del sistema eléctrico del ingenio providencia s.a.

5.1.1.1. Sistema de cogeneración. El Ingenio Providencia S.A, Cuenta con dos turbo generadores sincrónicos de las siguientes características:

Tabla 4. Datos de los turbogeneradores del área de cogeneración.

COGENERACION.	
Turbo Generador ABB 1	Turbo Generador ABB 2
20 MW, 13200 V, 1104 A	20 MW, 13200 V, 1104 A

Estos turbo generadores se encuentran en la planta de cogeneración la cual está ubicada en figura 1. INGENIO PROVIDENCIA S.A (Área 3) la cual alimenta todo el INGENIO PROVIDENCIA S.A.

EL INGENIO PROVIDENCIA S.A cuenta con dos turbo generadores de respaldo los cuales están ubicados figura 1. INGENIO PROVIDENCIA S.A (Área 4) en fábrica en la planta eléctrica, con las siguientes características:

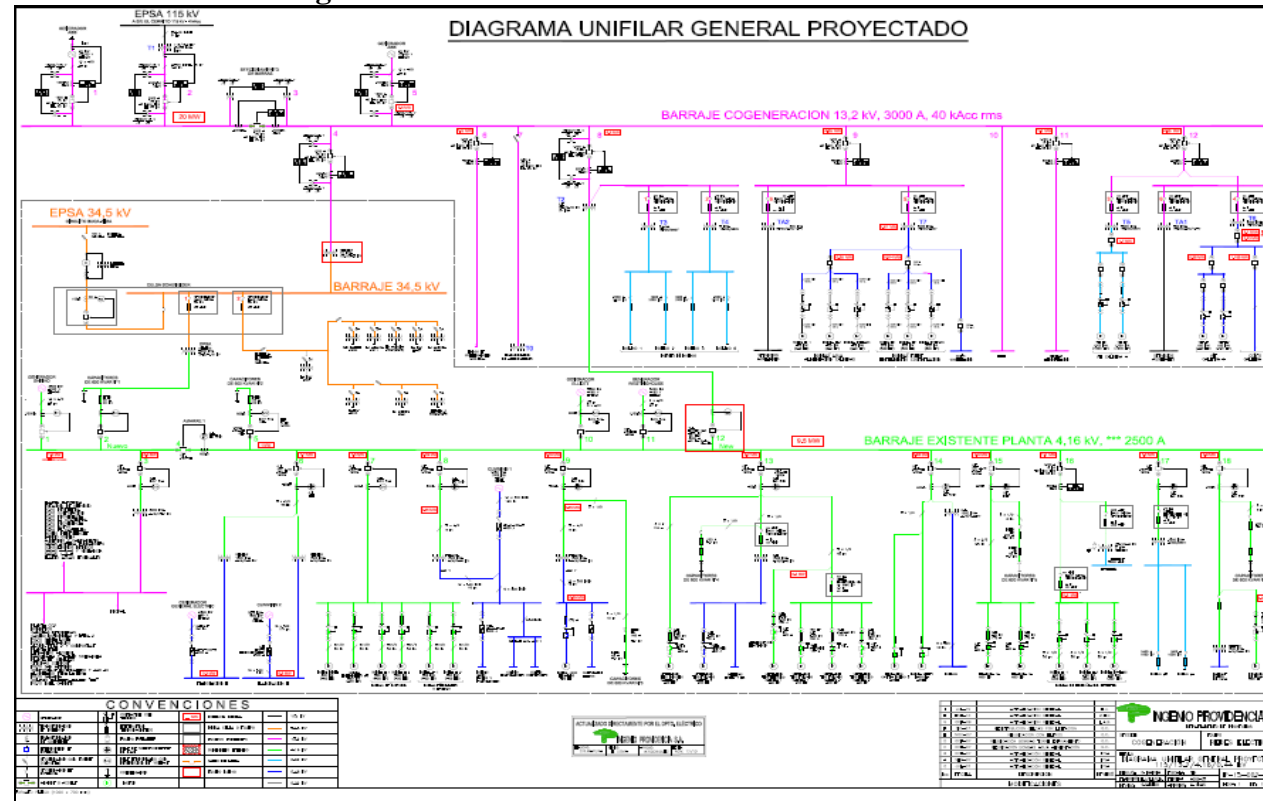
Tabla 5. Datos de los turbogeneradores del área de planta eléctrica

PLANTA ELÉCTRICA.	
Turbo Generador WESTINGHOUSE	Turbo Generador SHINKO
5000KW, 4160 V, RPM 1200	8500KW, 4160 V, 1800 RPM

El Ingenio Providencia S.A contiene una subestación de 13,2KV/115KV conectada con EPSA con la cual contiene un intercambio de compra y venta de energía eléctrica.

El área de interés de este trabajo es la zona 4 donde se encuentra la fábrica
La cual es la zona de mayor consumo de energía en el ingenio y dentro de ella se encuentra la sub zona de molinos la cual es la de mayor consumo de energía eléctrica dentro de la fábrica.

Figura 6. Diagrama unifilar de todo el Ingenio Providencia S.A.



Fuente: ingenio Providencia S.A., ubicada a 12 Km el municipio de Palmira Valle

El diagrama unifilar del Ingenio Providencia S.A comprende muchas zonas dentro y fuera del ingenio donde se alimentan posos y la planta de compostaje.

Este diagrama contempla todo el Ingenio Providencia S.A hasta conexión con la empresa de energía EPSA

El sistema eléctrico del INGENIO PROVIDENCIA S.A contiene un sistema de cogeneración el cual está conectado a la línea 115KV de EPSA.

Cuenta con una sub estación de 13,2KV/115KV para la conexión con EPSA, internamente ella tiene la parte de cogeneración la cual genera 13.2KV y la reparte en unas etapas de transformación por todo el INGENIO PROVIDENCIA S.A.

El área de interés de este proyecto es, el área de molinos, el cual es alimentado por varios transformadores:

- Transformador # 1: 15 MVA 13200V/4160V.
- Transformador # 2: 3 MVA 13200V/690V.
- Transformador # 3: 3 MVA 13200V/690V.
- Transformador # 4: 1 MVA 4160V/460V.
- Transformador # 5: 2.5MVA 4160V/690V.

El primer transformador, alimenta a los transformadores 2 y 3 y se desprende otro brazo para la conexión de cogeneración.

El transformador 2 alimenta los motores de molinos 1 y 2.

El transformadores 3 alimenta los motores de molinos 5 y 6.

El transformador 4 alimenta lo que son cargas a 440 V.

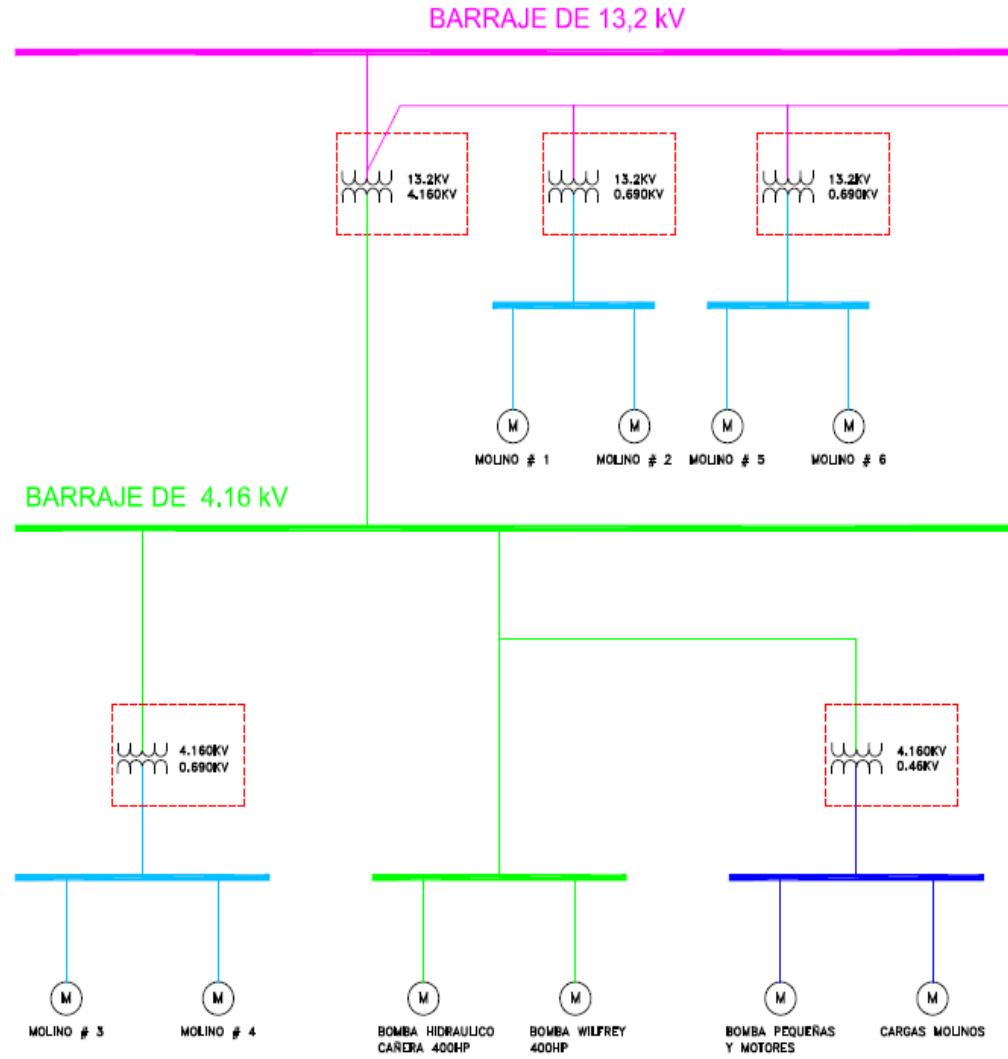
El transformador 5 alimenta los molinos 3 y 4.

5.1.1.2. Fabrica.

Tabla 6. Maquinaria ubicada en fábrica, en el área de molinos.

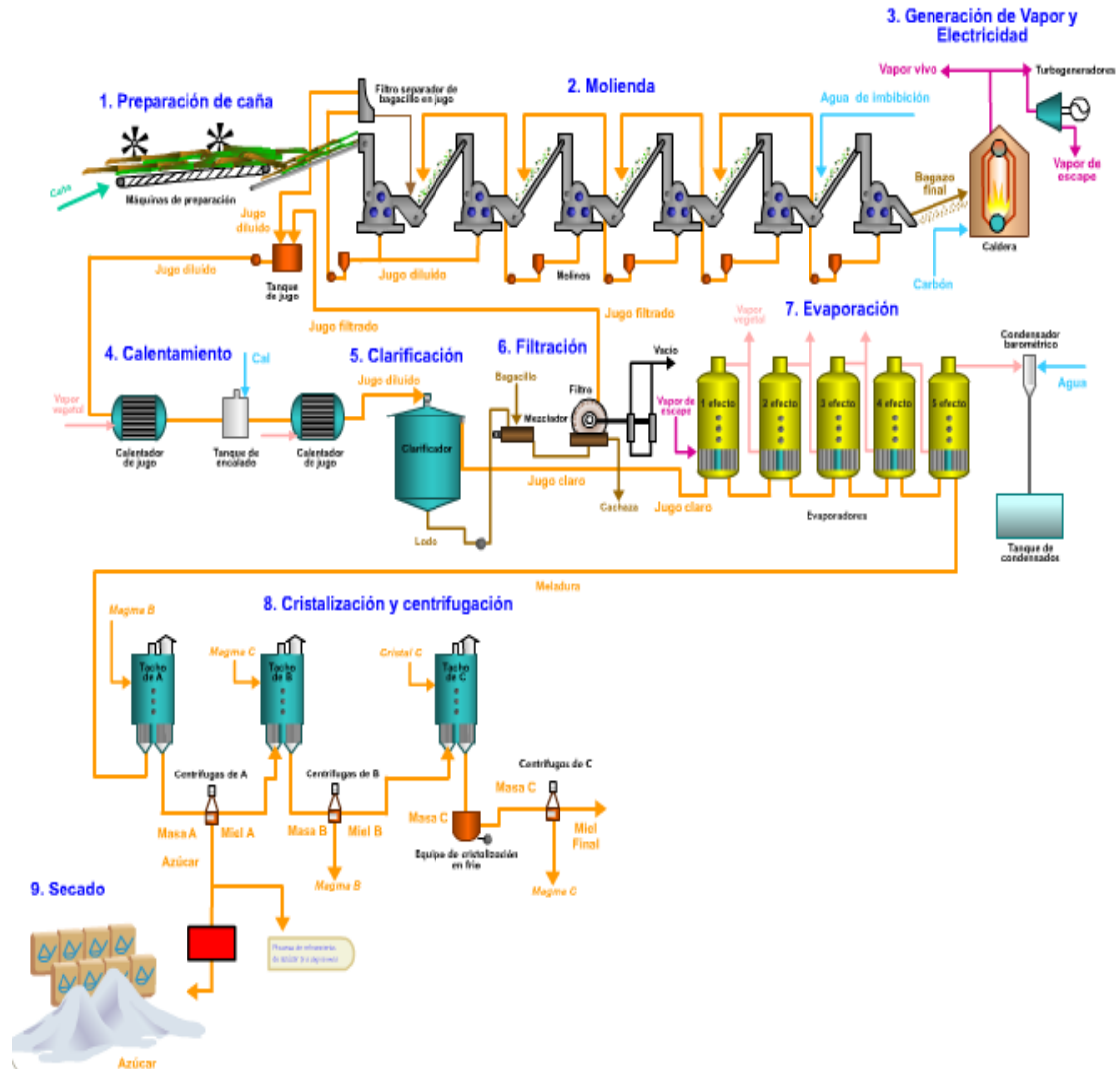
DATOS.	KW.	HP.	V.
Motor 1	1210		690
Motor 2	1210		690
Motor 3	1000		690
Motor 4	1000		690
Motor 5	1210		690
Motor 6	1210		690
Bomba wifley		400	4160
Bomba hidráulica y cañera 5		400	4160
Iluminación, motores, bombas (pequeñas cargas)			460

Figura 7. Diagrama unifilar del área de molinos.



5.1.2. Descripción del proceso productivo en el ingenio providencia s.a.

Figura 8. Diagrama productivo de fábrica.



Fuente: ingenio Providencia S.A., ubicada a 12 Km el municipio de Palmira Valle

El proceso productivo en el Ingenio Providencia S.A cuenta con 9 pasos los cuales son:

- Preparación de caña: llamado patios caña es donde se almacena la caña y se alimenta las bandas transportadoras. Proceso en el que los tallos de caña son roturados o desfibrados con máquinas de preparación antes de la molienda.
- Molinos: Se realiza el proceso de picado y extracción de jugo de la caña, en el cual se alimentan dos procesos (bagazo, jugo de caña), ES el proceso más importante en La línea de producción. Es el proceso donde se extrae o separa el jugo contenido en

la fibra de caña. Se realiza en una serie de molinos donde se exprime y se lava el colchón de bagazo.

- Generación de vapor y electricidad: en este proceso se encuentran la caldera y la zona de cogeneración, de la cual alimentan los procesos de fábrica y alimenta el proceso de cogenerar energía eléctrica.
- Proceso en el que se genera vapor vivo o vapor de alta presión para ser aprovechado en las turbinas de vapor que accionan los molinos y en los turbogeneradores de energía eléctrica. El vapor es generado en las calderas por la combustión de bagazo final, carbón u otros combustibles.
- Calentamiento: Proceso en el que se eleva la temperatura del jugo diluido hasta un nivel cercano a su punto de ebullición (105 °C). Luego del primer calentamiento se le agrega cal al jugo antes de bombearlo al segundo equipo calentador.
- Clarificación: Proceso en el que se separan los sólidos insolubles del jugo diluido. El lodo (sólido) es evacuado por la parte inferior del clarificador mientras que el jugo clarificado, o jugo claro, es extraído por la parte superior.
- Filtración: Proceso en el que se separa el jugo de la cachaza contenida en el lodo gracias a la acción de filtros rotatorios de vacío. Estos filtros retienen la cachaza y dejan pasar el jugo filtrado. El lodo es mezclado con bagacillo antes de la filtración.
- Evaporación: Proceso en el que se evapora la mayor cantidad del agua contenida en el jugo claro para obtener meladura.
- Cristalización y centrifugación: Proceso donde ocurre la cristalización de sacarosa la cual es la que sirve de semilla para la formación de las demás los cuales luego son enviados al siguiente proceso.
- Secado: Proceso que se efectúa con aire caliente para retirar la mayor cantidad de humedad posible del azúcar.

Figura 9. Foto del área de molinos.



En la figura 9, se contempla el área de molinos del ingenio providencia, el cual cuenta con 6 molinos impulsados por motores eléctricos y acompañados de reductores, en esta área se realiza todo el proceso de molienda y extracción de jugo y bagazo de la caña de azúcar, en este proceso toda la materia prima se utiliza y las pérdidas son despreciables, la producción extraída es en toneladas de bagazo y de jugo de caña.

Figura 10. Diagrama de distribución de entradas y salidas.



Fuente: ingenio Providencia S.A., ubicada a 12 Km el municipio de Palmira Valle

En la figura 10, se muestra el proceso del área de molinos donde se encuentran la entrada de caña de azúcar y agua de maceración, la cual se hace pasar por los molinos para la extracción de jugo de caña y por otra salida la de bagazo, en este proceso se incluyen una serie de máquinas eléctricas las cuales son:

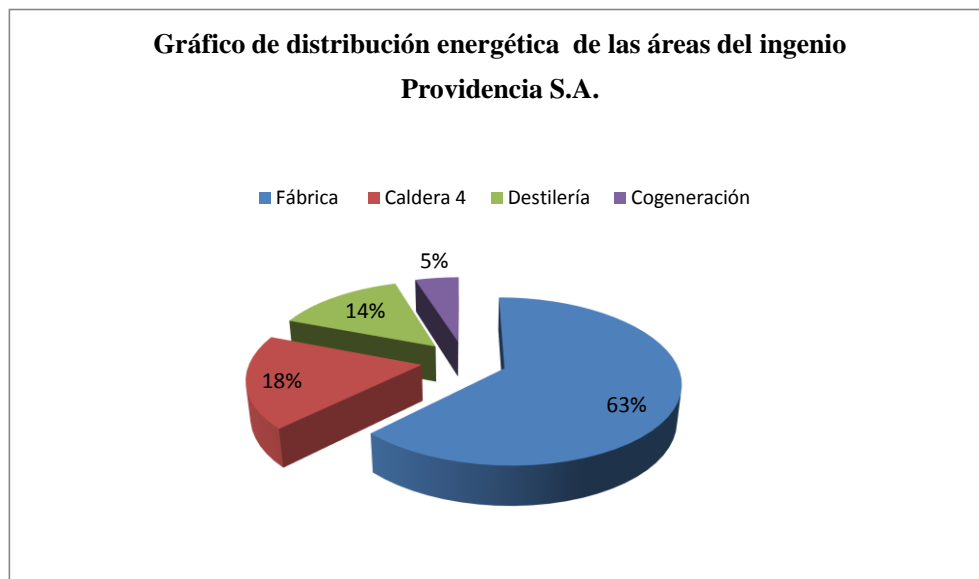
Los motores que impulsan las bombas para la extracción del jugo de caña cuando pasan por los molinos y la inyección del agua de maceración, los motores que impulsan los molinos y los motores que mueven las bandas transportadoras. Es un proceso que en conjunto es la parte más importante del ingenio, porque es la encargada de suministrar las áreas de producción, calderas y destilería.

5.2. DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Tabla 7. Áreas de consumo eléctrico del ingenio PROVIDENCIA S.A.

Áreas del ingenio			
Fábrica	Caldera 4	Destilería	Cogeneración
5376642	1575498	1227668	417194
kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes

Figura 11. Gráficos de distribución energética de las áreas del ingenio.



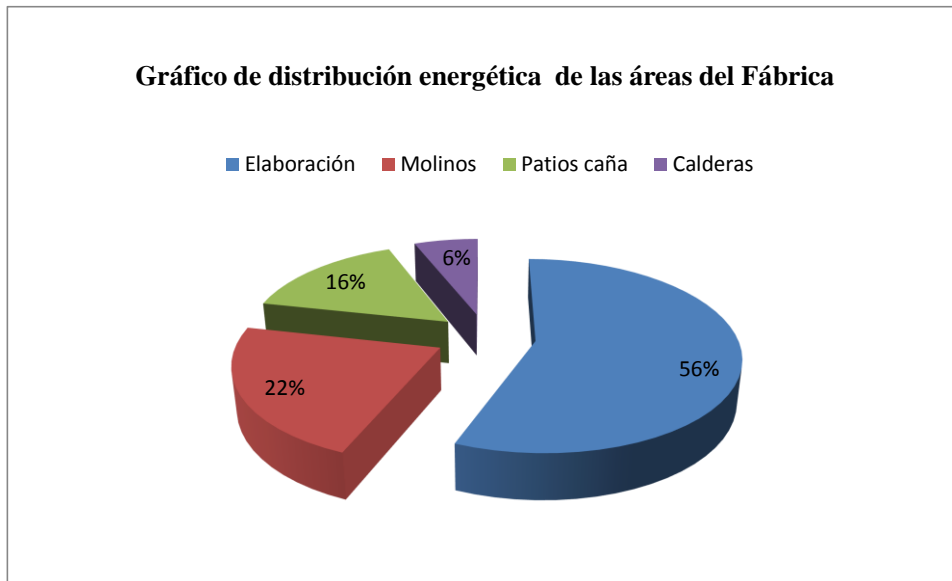
Autor.

El ingenio providencia cuenta 4 áreas importantes dentro de sus instalaciones, dentro de estas áreas se encuentra la de fábrica la cual es la de mayor consumo de energía eléctrica, dentro del área de fábrica se realiza todo lo que tiene que ver con la elaboración de azúcar, y de esta área es donde sale la materia prima para las otras áreas, al ser el área de mayor consumo, es el área de interés de este proyecto, donde ubicaremos las sub áreas y centralizaremos el estudio de gestión integral de la energía eléctrica.

Tabla 8. Sub áreas de consumo eléctrico del área de fabrica.

Fábrica del ingenio providencia S.A.			
Elaboración	Molinos	Patios caña	Calderas
3018395 kWh/mes	1197766 kWh/mes	836483 kWh/mes	323998 kWh/mes

Figura 12. Grafico de distribución energética de las áreas de fábrica.



De la figura 12 el mayor consumo de energía eléctrica se presenta en el área de elaboración, esta área no cuenta con un control de variables de energía eléctrica detallados, por los cambios realizados en dicha área (mantenimiento, nuevas instalaciones en esta área y cambios en la distribución) razón por la cual este trabajo se realiza en la segunda área de mayor consumo, la cual cuenta con todos los datos requeridos para realizar este proyecto.

5.3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL ÁREA DE MOLINOS

En esta etapa se busca encontrar las áreas de mayor consumo de energía eléctrica del ingenio Providencia, utilizando las herramientas de gestión recomendado por el modelo de gestión, que actualmente se encuentra publicado en la página de la UPME, el cual relaciona la producción con el consumo de energía y determina la energía no asociada a la producción, la utilización de métodos estadísticos para establecer la línea base y meta del área de molinos del Ingenio Providencia, para este proceso se realiza un levantamiento de datos eléctricos y de producción, se conoce de cerca el proceso productivo de la empresa, además del manejo que se realiza a las máquinas, adicionalmente se hace un análisis en cuanto al estado organizacional de la empresa.

5.3.1. Caracterización organizacional en el área de fábrica. Es importante saber el compromiso que tiene el ingenio en base a la eficiencia y su implementación y como esto está establecido en sus políticas y en su sistema organizacional.

A continuación se muestran las políticas del ingenio Providencia S.A.:

- **Calidad e Inocuidad.**

En el ingenio Providencia desarrolla procesos generadores de soluciones energéticas y sucroquímicas que satisfacen las necesidades y expectativas de los clientes y consumidores en aspectos de calidad e inocuidad, para lo que estamos comprometidos con:

- Cumplir los requisitos legales, reglamentarios y de clientes.
- Mejorar continuamente la eficacia de los sistemas de gestión adoptados para este propósito.

- **Ambiental.** Gracias al continuo trabajo, el 30 de junio de 1998, el Ministerio del Medio Ambiente en representación del Sistema Nacional Ambiental SINA, le otorgó al Ingenio Providencia S.A. el Premio Nacional Ambiental en la modalidad Empresarial, por su liderazgo en el Convenio de Producción más Limpia en el Sector Azucarero.

La Empresa ha sido pionera en la Industria Azucarera en la adquisición de tecnologías limpias. Tal es el caso del precipitador electrostático, el cual limpia gases del proceso usando fuerzas eléctricas para quitar partículas sólidas que arrastra el flujo de gas. El Ingenio cuenta con un sistema ambiental completamente implementado con base en la norma ISO 14001 y orientado al cuidado de sus recursos aire, agua y suelo, a pesar que aún no cuenta con la respectiva certificación.

- **Política de Control y Seguridad – Basc.** Ingenio Providencia S. A. con la participación de sus trabajadores, proveedores y clientes, está comprometido con la implementación, mantenimiento y mejoramiento continuo de las medidas necesarias y factibles para garantizar el control y seguridad de sus procesos y el cumplimiento de la ley, evitando así la contaminación de los productos con sustancias ilícitas, la realización de actividades ilegales y la realización de actos terroristas en el ciclo del producto, y contribuyendo al desarrollo de un comercio internacional en condiciones seguras.

- **Seguridad y Salud Ocupacional (SYSO).** Ingenio Providencia S.A. Se compromete a prevenir los riesgos, mantener la salud y la seguridad de las personas vinculadas a la Empresa o de aquellas que pueden verse afectada directa o indirectamente por sus actividades, cumplir los requisitos legales y de otra índole aplicable y procurar el mejoramiento continuo del sistema.

Para ello, se identifican los peligros, se establecen programas en salud ocupacional y se crea una cultura permanente de prevención en seguridad, salud y desarrolla la competencia en SYSO de sus colaboradores.

En las políticas del ingenio Providencia S.A., hace falta la implementación de un sistema de gestión eficiente de la energía, encargada de la búsqueda constante de ahorro energético, el cual refleja un impacto notable en el costo energético y en la competitividad del sector azucarero.

En el organigrama del ingenio providencia S.A., en el área de fábrica, hace falta la implementación de un grupo encargado de la gestión eficiente de la energía eléctrica, el cual estará encargado en la constante búsqueda de ahorro energético y en la implementación y mejoramiento de eficiencia energética.

Se recomienda la inclusión de un gestor energético dentro del organigrama de la compañía, el cual va ser el encargado de implementar los indicadores de gestión energética.

A continuación se muestra el diagrama organigrama del área de fábrica actual y el recomendado en este proyecto, el cual incluye el grupo o departamento de gestión eficiente de la energía eléctrica.

Figura 13. Estructura organizacional actual del ingenio Providencia S.A.

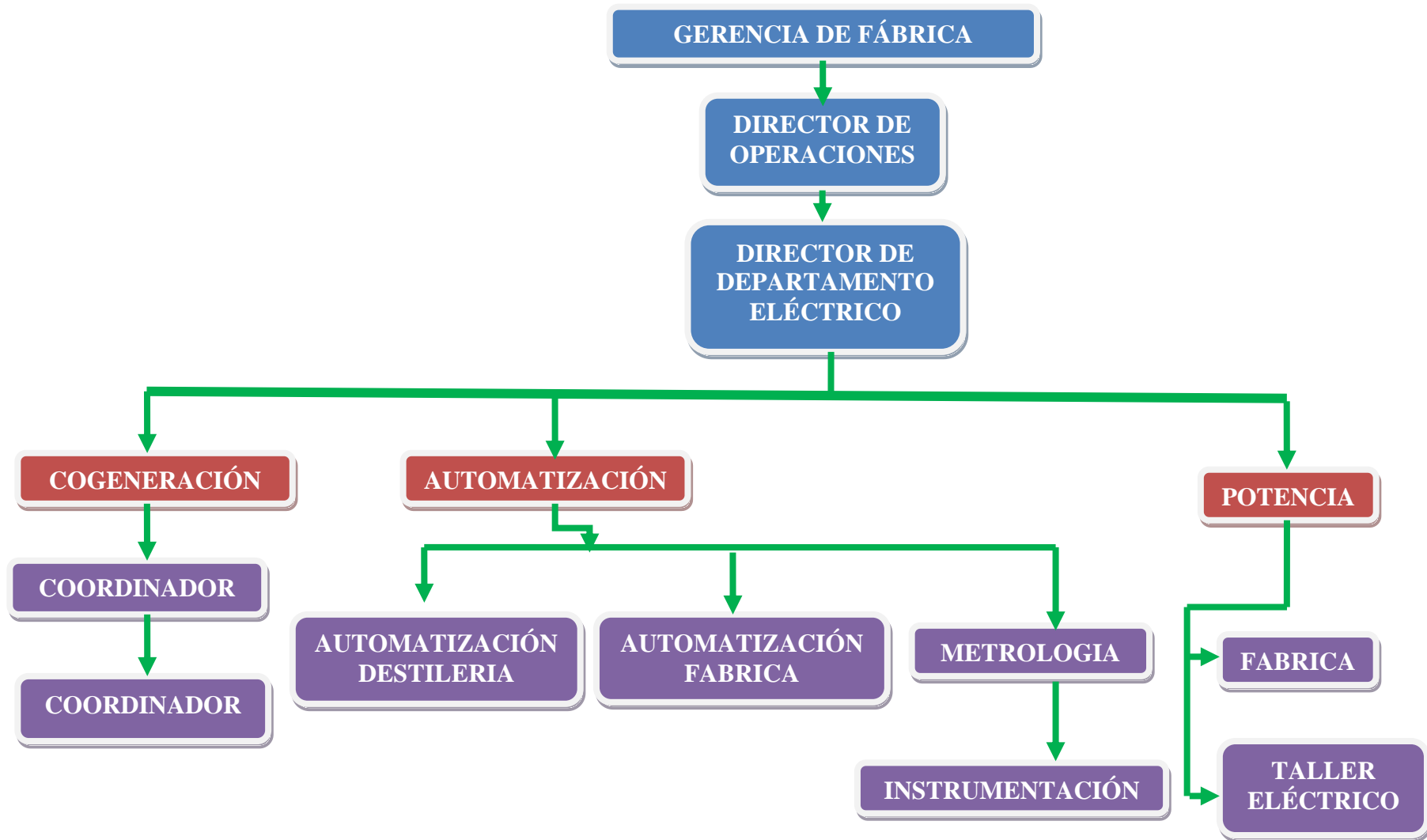
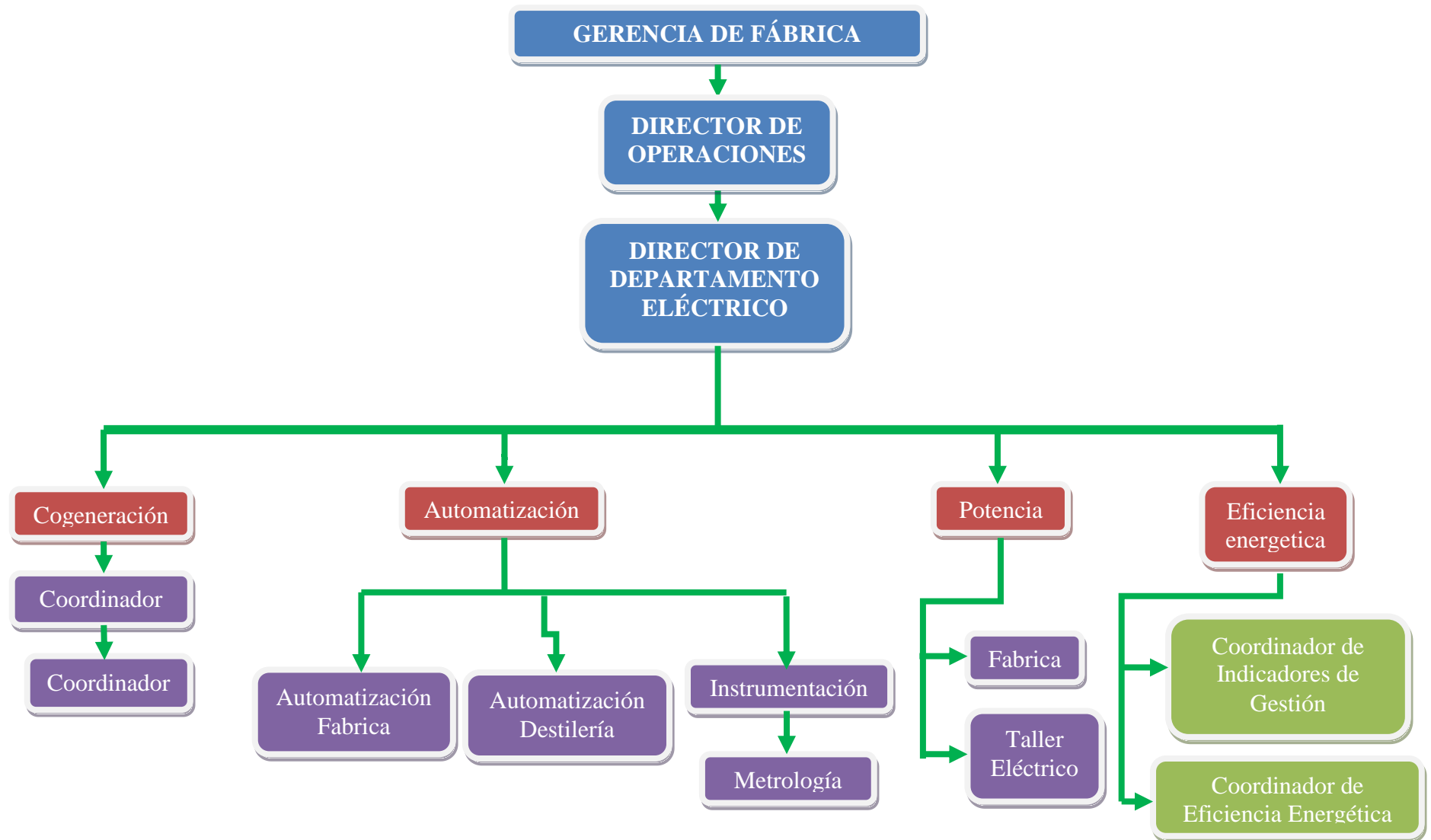


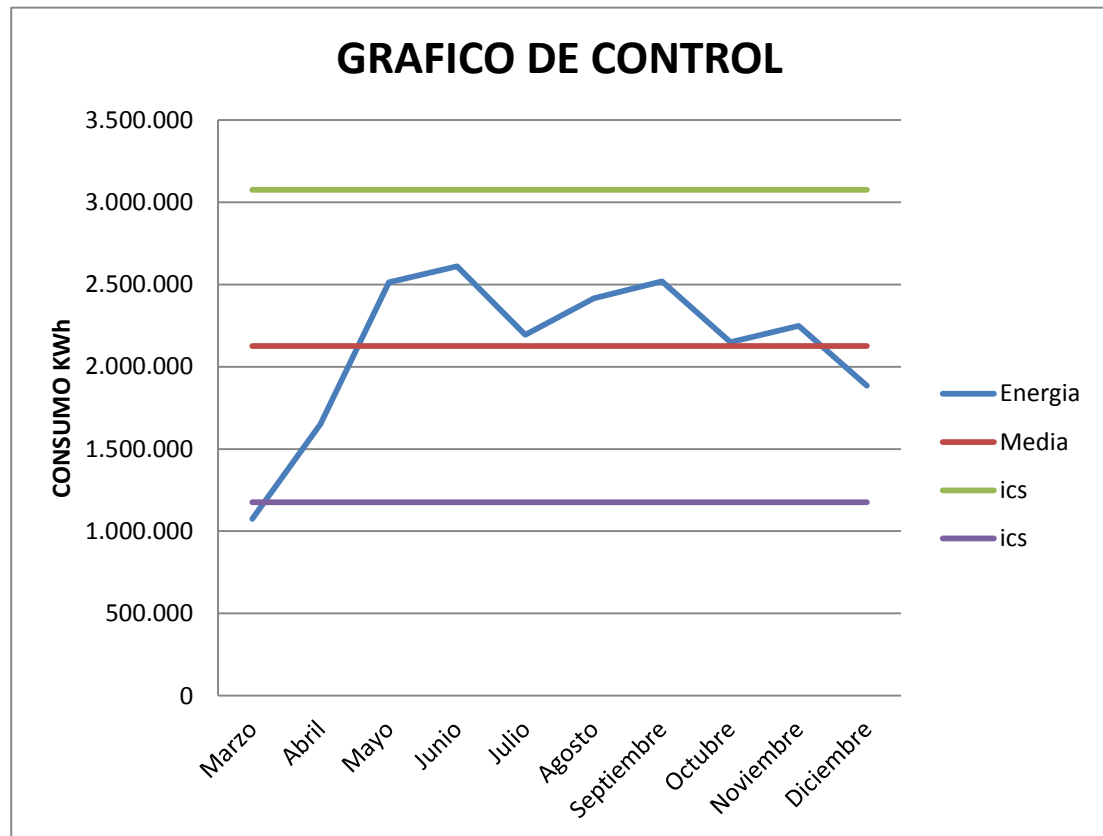
Figura 14. Estructura organizacional recomendada para integrar un sistema de gestión energética. Sobre el ingenio Providencia S.A.



5.4. DIGRAMA DE CONTROL SOBRE EL AREA DE MOLINOS

Análisis del comportamiento de variables que intervienen en el proceso del ingenio providencia, para el siguiente análisis se debe saber si los consumos están siendo controlados o si hay alteraciones que influyen en los valores que presenta el ingenio.

Figura 15. Diagrama de control.



En el mes de marzo se presenta un punto el cual está por fuera de los límites del gráfico de control en la parte inferior, lo cual puede representar un paro en la planta, los meses siguientes se encuentran por dentro de la variable de control de consumo energético.

5.5. ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA PARA EL ÁREA DE MOLINOS EN EL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Para la realización de la línea base en el área de molinos, se tomaron los datos diarios del año 2011, la energía eléctrica consumida en el área de molinos y la producción de salida (Jugo y bagazo) como parte del análisis de este proceso se eliminaron algunos datos atípicos en los cuales no hubo producción (datos en cero) y afectaban la correlación.

Calculo analítico de la Ecuación de la pendiente:

$$E = mP + E_o.$$

Dónde:

E: Consumo de energía en el periodo seleccionado (KW/día).

m: Pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

E_o: Intercepto de la línea en el eje y, que significa la energía no asociada a la producción.

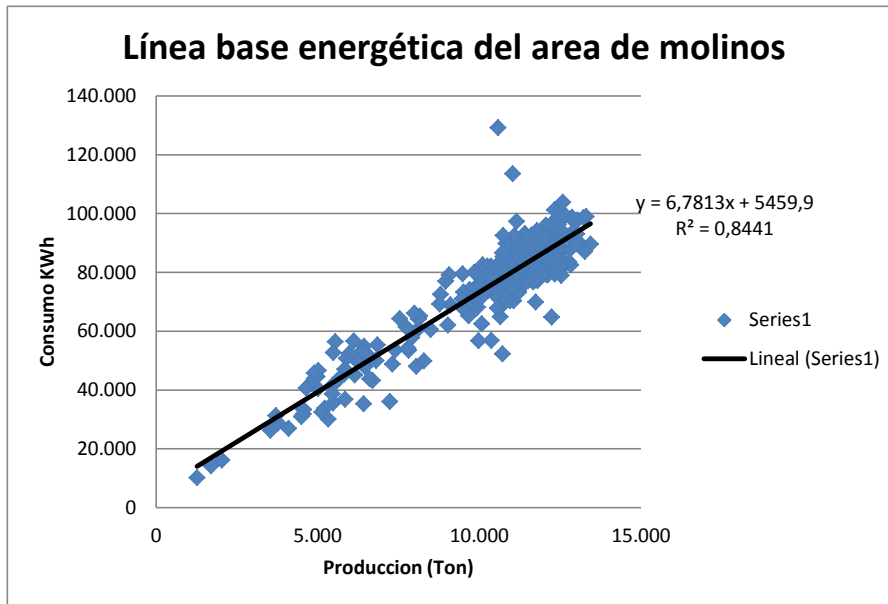
mP: Es la energía utilizada en el proceso.

Al realizar la correlación entre energía y producción se obtiene una correlación de 0,84 la cual esta dentro de los parámetros recomendados para evaluar la correlación entre energía y producción.

A continuación presentamos el diagrama de dispersión y la ecuación de tendencia, la cual utilizamos como línea base energética para el área de molinos.

5.5.1. Línea de base energética.

Figura 16. Línea base energética del área de molinos.



Al fijar la línea base energética del área de molinos, se obtiene una buena correlación entre la producción y el consumo de energía eléctrica, pero al igual presenta unos datos atípicos los cuales al realizar un proceso del filtrado, podemos mejorar la correlación entre el consumo de energía eléctrica y la producción en el área de molinos del ingenio Providencia S.A.

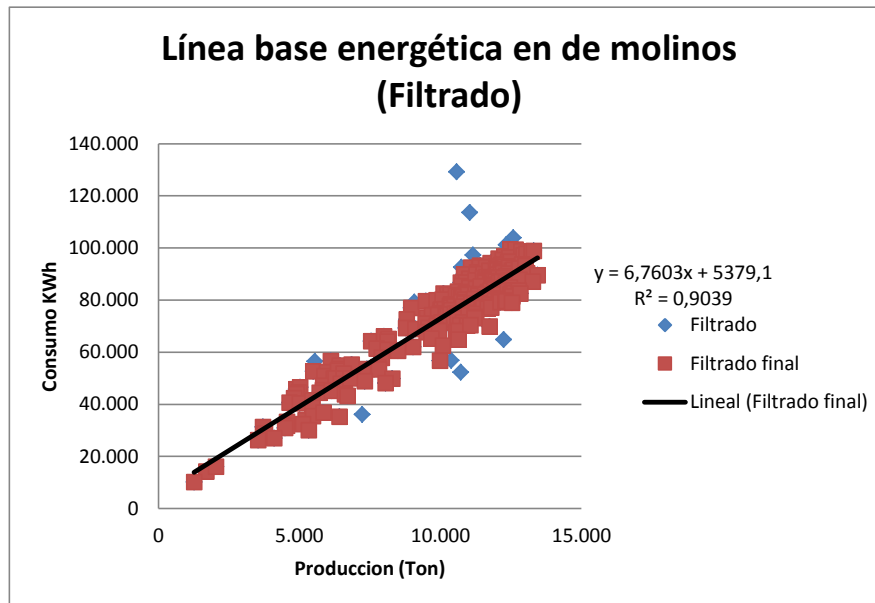
La baja correlación se presenta por algunos datos atípicos entre el consumo de energía eléctrica y la producción, en casos donde se consume más energía eléctrica de la necesaria para la producción.

La Energía no asociada a la producción que se refleja en el diagrama de línea base es por los siguientes factores:

- Al realizar un seguimiento de las redes eléctricas que alimentan el área de molinos del ingenio providencia, se observó que el área de oficinas de fábrica, taller electrónico, laboratorios y el casino, son alimentados por este circuito.
- En la iluminación, la sección de laboratorios sus luminarias permanecen prendidas las 24 horas del día, al igual que las oficinas de fabrica.

- Bajo factor de potencia. Al realizar mediciones en los motores se evidencian un bajo factor de potencia del orden de 0.7, lo cual indica un alto consumo de energía reactiva.
- Sobredimensionamiento en los motores. En el proceso de medición para obtener la eficiencia de los motores, y al medir la potencia que consumen y compararla con la de placa se puede evidenciar la sobredimensión de estos motores.

Figura 17. Línea base energética de molinos (Filtrado).

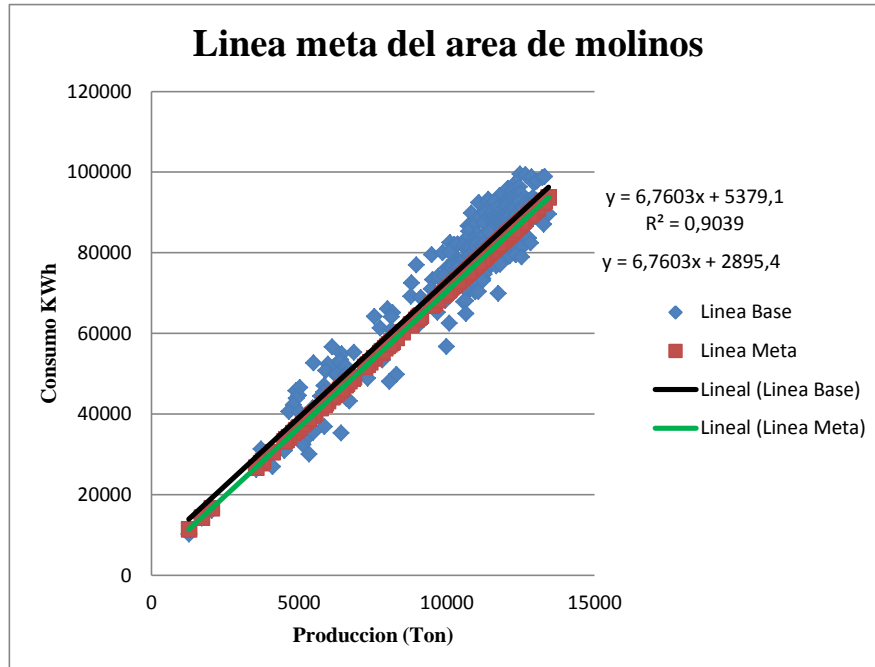


En el proceso de filtrado a la línea base del área molinos, obtenemos una buena correlación entre la energía eléctrica consumida y la producción en el área de molinos, estos datos atípicos se presentan por el aumento de consumo energético y una baja producción, no se relaciona el consumo de energía tan alto para una producción tan baja.

Para establecer la procedencia de estos datos atípicos de debe realizar un seguimiento en el proceso productivo y en la medición para establecer el incremento de energía eléctrica.

5.5.2. Establecimiento de la línea de meta energética para el área de molinos en el ingenio providencia s.a.

Figura 18. Diagrama de línea de meta energética para el área de molinos.



Al fijar una línea de meta energética se busca reducir las pérdidas de energía eléctrica, mejorar la eficiencia de consumo de energía eléctrica fijada a la producción, esto nos indica que se va a producir la misma cantidad pero con un menor consumo de energía.

Al observar la gráfica de la línea meta energética, se diferencia el comportamiento que se tiene de la línea base energética con respecto a la línea meta energética a la cual debe trabajar el ingenio para ser más eficientes en el consumo de energía eléctrica.

Al fijar la línea de meta energética la energía no asociada a la producción quedo en 2895,4 KW/h, por lo cual se tiene que hacer un seguimiento a la energía no asociada a la producción y ver cómo se puede mitigar este consumo, en la cultura del personal sobre el ahorro de la energía, en el apagado de los equipos de oficina y las luminarias, en planes de ahorro con el aire acondicionado.

El proceso del ingenio es un proceso lineal, caso por el cual no se puede cuantificar una línea meta en cada subproceso de la molienda, el proceso de molienda cuenta con 6 molinos, en los cuales ingresa la caña y sale el bagazo, en este proceso se cuantifica la entrada de caña y salida de bagazo.

En la parte inferior donde se encuentran los molinos, se ubican las bombas que extraen el jugo que sale del proceso de molinos y otras que inyectan agua al proceso, al proceso productivo ingresan caña molida y se le inyecta agua y salen bagazo y jugo de caña.

No se puede fijar una línea meta en los equipos asociados, porque el proceso productivo se mide en conjunto es decir entrada y salida y no en subconjuntos, este proceso es lineal.

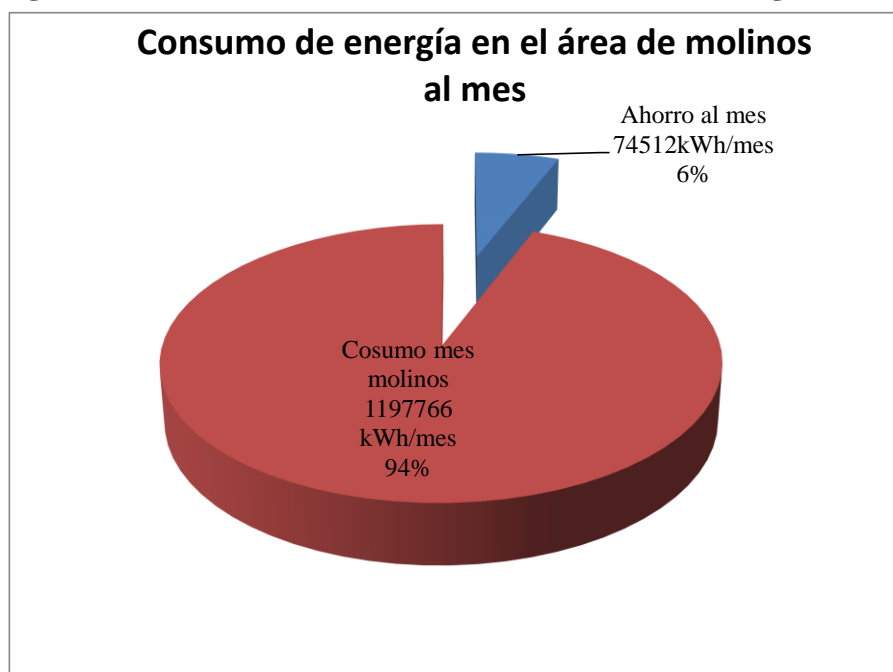
Al fijar la línea meta en el área de molinos se estiman los siguientes ahorros de energía eléctrica:

Costo del KW/h en el ingenio providencia S.A., el ingenio tiene un proceso de cogeneración en el cual se abastecen totalmente, ha fijado un costo de 150 pesos el KW/h.

Tabla 9. Resultados obtenidos de la línea meta.

RESULTADOS OBTENIDOS	
Potencia de Ahorro diario	2483,7 KW
Potencia de Ahorro mensual	74512 KW
Potencia de Ahorro anual	906559KWh
Ahorro en Pesos mensual	\$ 11.176.755
Ahorro en Pesos Anual	\$ 135.983.852
Disminución Anual. 1 Kwh. = 0.2849 Kg de CO ₂ Resolución 18-0947 del 4 de junio de 2010.	258279 Kg de CO ₂

Figura 19. Grafico de ahorro frente al consumo de energía eléctrica.



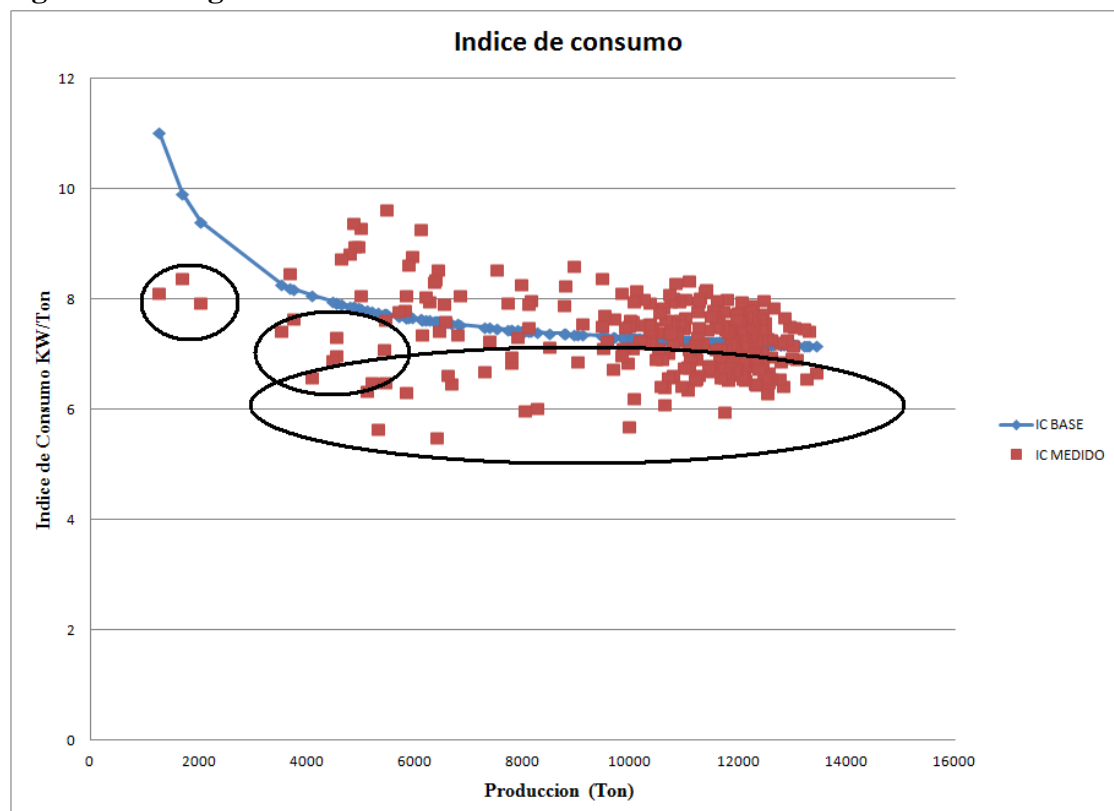
En este grafico se muestra el ahorro energético que nos arrojó la línea meta establecida para el área de molinos frente al consumo de energía eléctrica del área de molinos, este ahorro hace referencia a la energía no asociada a la producción, la cual tiene un gran impacto en el consumo anual, el ingenio produce su propio consumo de energía y estableció una tarifa interna de 150 pesos el KW/h, tarifa con la cual se calcula el costo de la energía no asociada a la producción en mes y año la cual se encuentra en la tabla 9.

6. INDICADORES APLICADOS AL ÁREA DE MOLINOS

Para saber el estado en que se encuentra nuestro proceso se realizan los indicadores recomendados en este proyecto sobre gestión eficiente de la energía, a continuación se muestran los indicadores utilizados para el área de molinos:

6.1. ÍNDICE DE CONSUMO DEL ÁREA DE MOLINOS

Figura 20. Diagrama de índice de consumo del área de molinos.

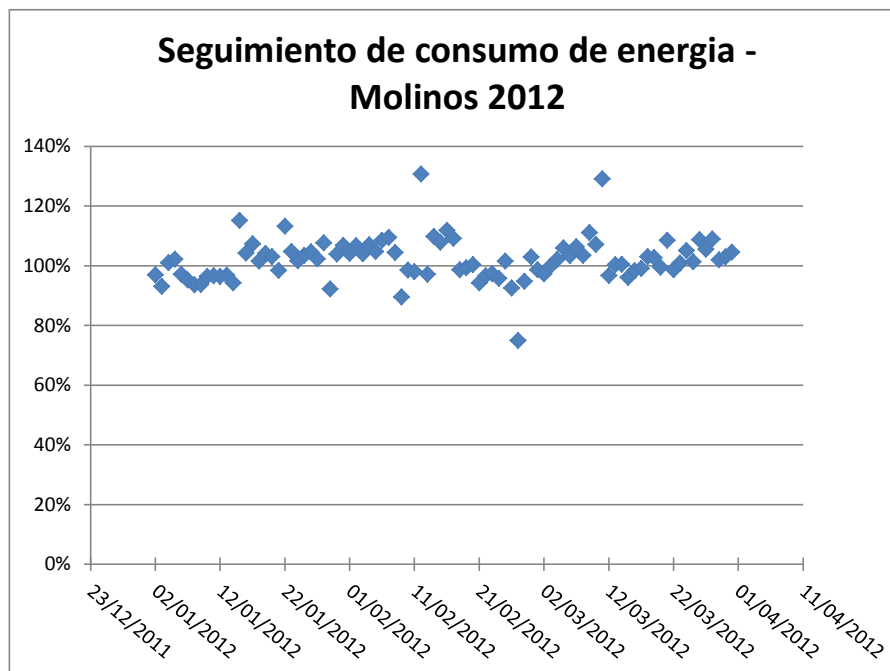


Los puntos por debajo de la curva indican que ese periodo productivo donde se fue más eficiente puesto que. El requerimiento energético fue menor que el que debería alcanzar según la tendencia.

Los indicadores que se utilizaron para determinar el estado o el comportamiento del área de molinos del Ingenio Providencia son los indicadores de tendencia y Base 100.

6.2. INDICADOR BASE100 APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS

Figura 21 Indicador base 100.

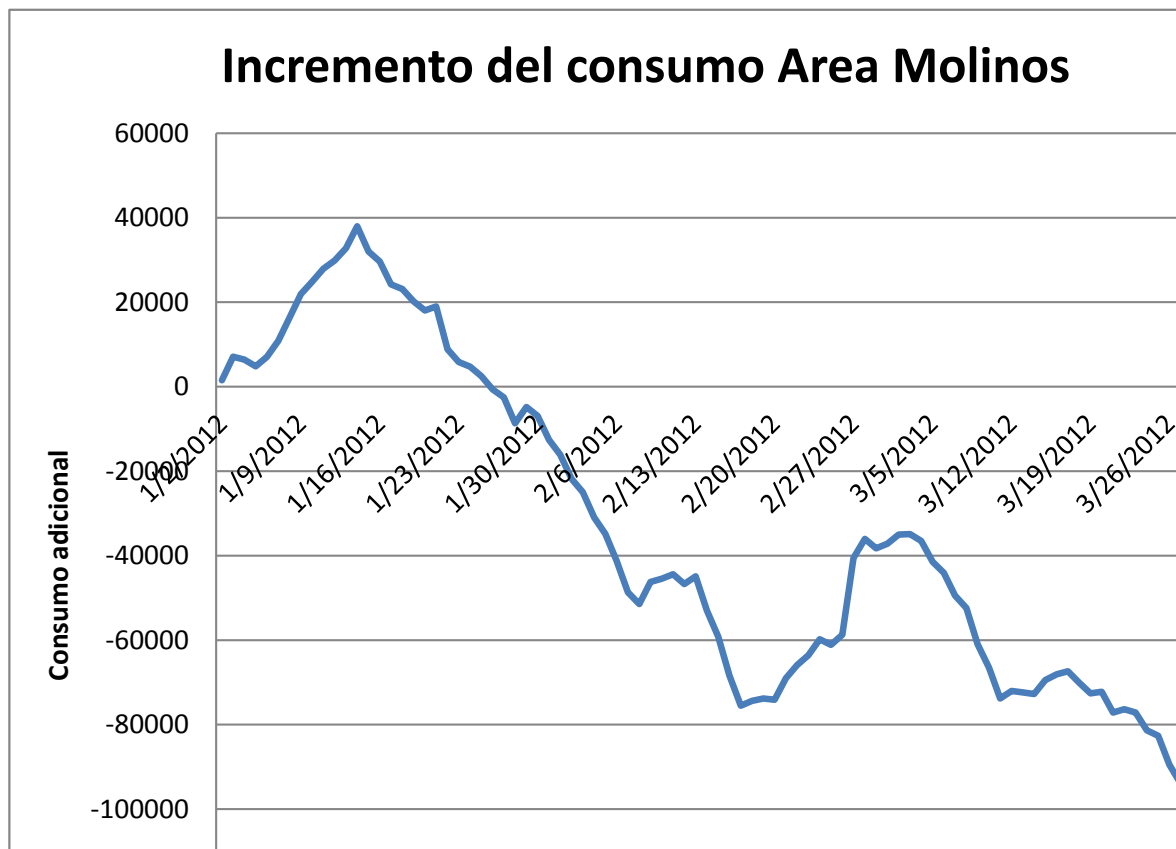


Los datos de comparación tomados para la realización de este indicador son desde 2 de enero 2012 hasta 31 de marzo del 2012, comparados con los datos del 2011 y los cuales reflejan el comportamiento de consumo de energía en el área de molinos.

La comparación del año 2011 en base al comportamiento que se está obteniendo en el 2012 refleja un incremento en el consumo de energía, por la implementación de un nuevo motor el cual remplaza uno de vapor, esto impacta el consumo en el área de molinos.

6.3. INDICADOR DE TENDENCIA APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS

Figura 22 Indicador de Tendencias.



Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base dado. A partir de él también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobre consumido hasta el momento de su actualización.

Los picos que se muestran en este grafico representan las paradas por mantenimiento realizadas cada 15 días, la tendencia reflejada en el área de molinos de los primeros meses del 2012, muestra la disminución de consumo eléctrico en esta área, siendo mas eficientes energéticamente comparados con el consumo de el año 2011.

En base a las perdidas reflejas en los dos indicadores a continuación se muestra un diagrama de causa y efecto por baja eficiencia en la figura 25.

7. PROTOCOLO PARA EL SEGUIMIENTO DE INDICADORES EN EL ÁREA DE MOLINOS

Se implementa el indicador base 100 en el sistema SCADA del área de molinos, el cual nos indica la eficiencia y la ineficiencia que se está llevando a cabo en el proceso ver figura 23.

Con base a este indicador el operador del área de molinos puede monitorear el proceso productivo en comparación con el consumo energético y determinar el momento en el cual se es o no eficiente.

Pasos para el monitoreo del indicador recomendado para la implementación en el sistema SCADA:

Tabla 10. Monitoreo del indicador recomendado para la implementación en el sistema SCADA.

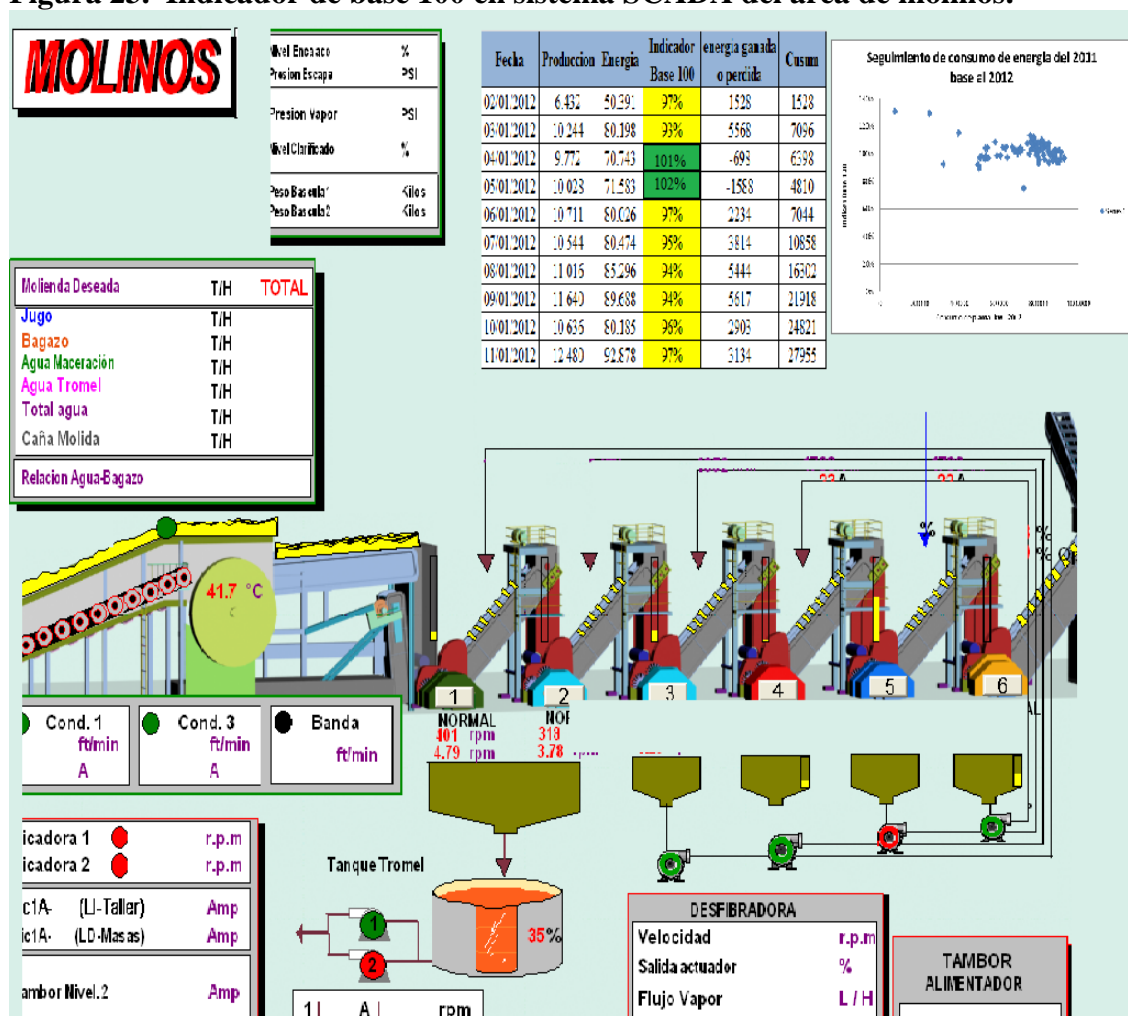
Monitoreo del indicador implementado en el sistema SCADA	
Pasos	Recomendaciones:
1	El indicador establecido para el monitoreo es el indicador base 100, por lo cual el operador debe de estar pendiente de monitoreo de este indicador y avisarle al gestor energético en los momentos que el proceso sea ineficiente, el proceso tomado general por lo que no se puede especificar a una maquina en especial, este punto deberá ser tomado en cuenta para futuros estudios
2	El gestor energético o el ingeniero electricista, será la persona encargada de revisar el área de molinos en los momentos de ineficiencia para determinar el motivo por el cual el proceso productivo se es ineficiente en base al consumo de energía en este caso energía eléctrica.
3	Al determinar las causas de la ineficiencia, el gestor o el ingeniero electricista deberán realizar un informe el cual deberá de llegar al departamento de gestión eficiente de la energía, para su análisis y respectiva respuesta.

Tabla 10(continuación)

4	Es importante ser eficientes en el proceso, para estar a un nivel competitivo, por lo cual el monitoreo debe de ser constante al igual que la revisión de los equipos, en este trabajo se complementan el operador y el gestor o el ingeniero, con lo cual se puede fijar los mantenimientos correctivos y preventivos, al analizar los problemas que afectan la eficiencia en el área de molinos.
5	Es importante mantener la producción fijada en la línea meta y verificar el consumo de energía eléctrica, El departamento de gestión de eficiencia debe de fijar unos ahorros energéticos con los cuales deben de cumplir el gestor energético o el ingeniero encargado, cada mes se debe verificar el monitoreo y ver si se está cumpliendo con el ahorro establecido por la gerencia.
6	La inversión de nuevas tecnologías deberá estar en caminada a los informes de la gerencia y los resultados obtenidos.

A continuación se muestra la grafica del sistema SCADA, incluido el indicador base 100:

Figura 23. Indicador de base 100 en sistema SCADA del área de molinos.

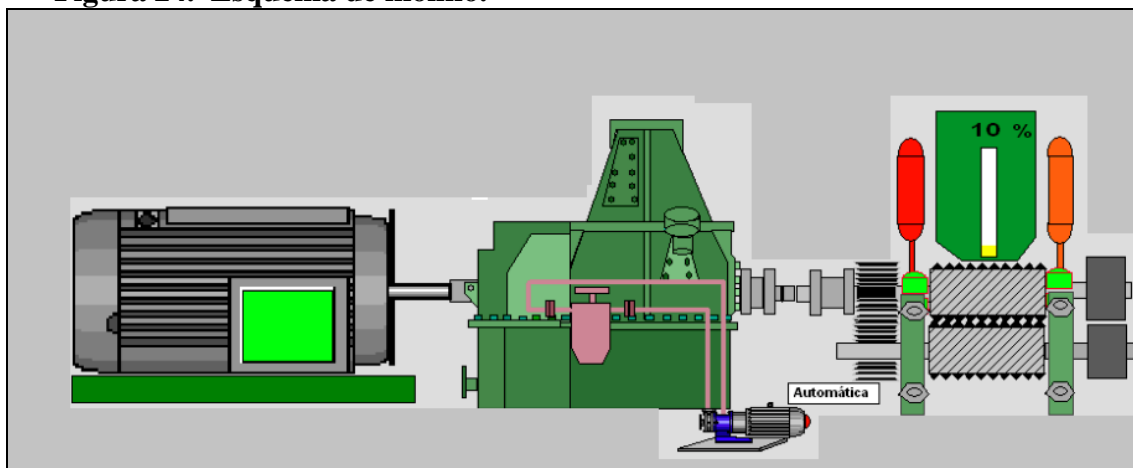


Fuente: ingenio Providencia S.A., ubicada a 12 Km el municipio de Palmira Valle

7.1. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los factores que afectan la eficiencia están directamente ligados con el seguimiento de los indicadores y la verificación de la eficiencia en las áreas y equipos de uso final. A continuación presentamos un el siguiente diagrama donde se ilustra un molino del ingenio Providencia, el cual costo de un motor, caja reductora y el molino.

Figura 24. Esquema de molino.



Fuente: ingenio Providencia S.A., ubicada a 12 Km el municipio de Palmira Valle

En este proceso la caja reductora puede disminuir la capacidad eficiente del motor por la fricción que presenta, este mecanismo tiene que ser chequeado constantemente para evitar un mayor consumo de la energía eléctrica o evaluar un cambio por un sistema mucho más eficiente, el cual reduzca la fricción.

Factores que afectan la fabrica especialmente el área de molinos:

7.1.1. Observaciones en fábrica.

- Con un futuro cambio de maquinaria, no se pueden manejar al fallo, hay que realizar diferentes chequeos en los mantenimientos preventivo y correctivo, en el cual hay que preparar al personal de mantenimiento en estos chequeos.
- Estas zonas deben de permanecer limpias, especialmente se debe tener un manejo con las placas características las cuales deben ser visibles para futuros problemas, cambios y reparaciones (por tal razón se recomienda un IP más alto).
- Se deben revisar las bombas para un mayor desempeño.
- El ahorro que se tenga con los motores de alta eficiencia se puede utilizar para emplearlo en arrancadores suaves o variadores de velocidad hecho por el cual se tendrá un sistema más eficiente.
- Se deben separar las cargas e identificar los circuitos y señalar los para una rápida identificación.

- Separar cargas que no pertenezcan al área, identificar el área y ubicarla donde pertenece.
- Se debe manejar un historia de las maquinas en el cual debe incluir datos específicos de las máquinas, cuantas veces ha sido reparado y rebobinado.
- Se deben ubicar diferentes puntos de medición de la energía eléctrica.

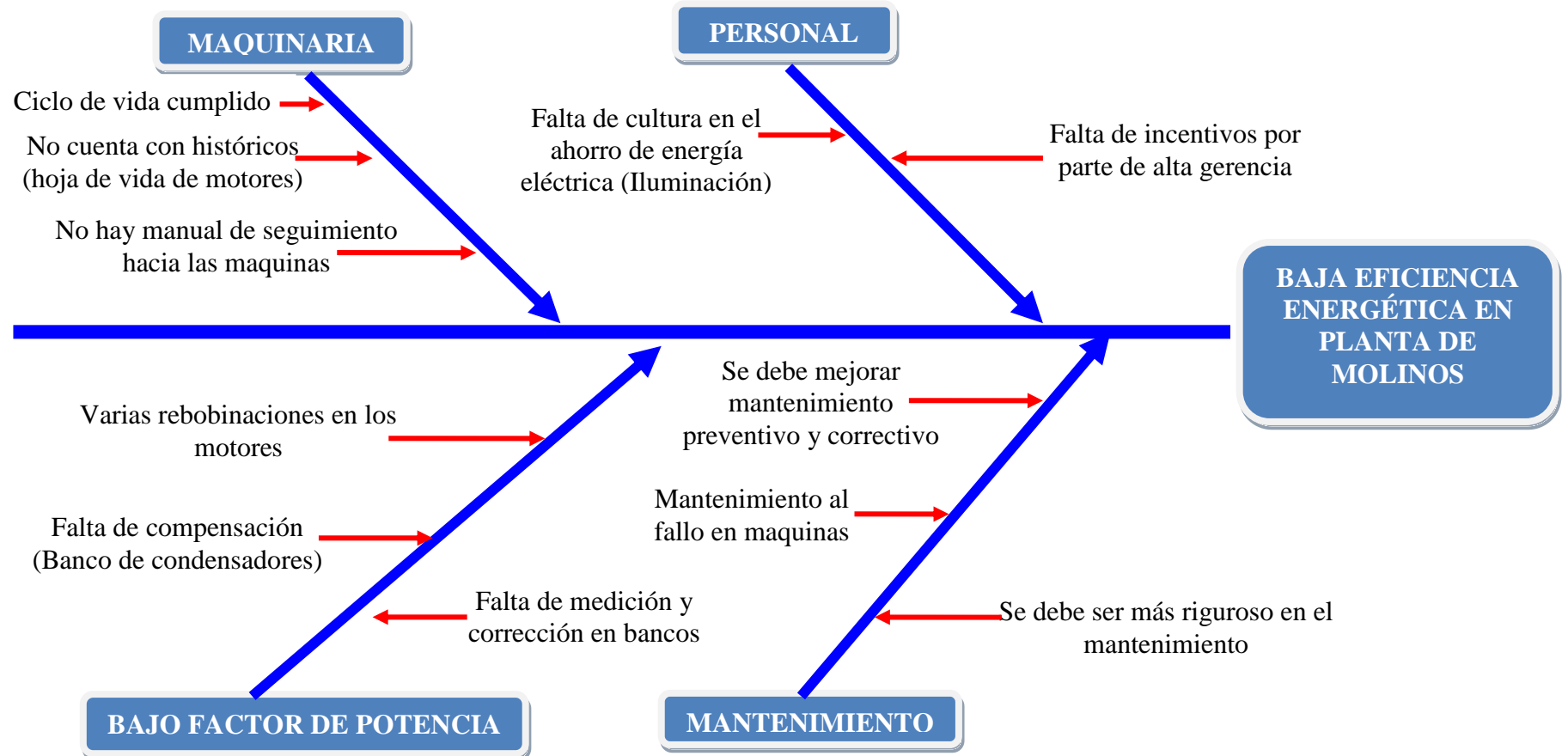
7.1.2. Observaciones de los laboratorios.

- Las luminarias permanecen prendidas, solo se apagan cuando se realiza mantenimiento en la planta, hecho por el cual se tiene un consumo permanente, se debe ubicar un dispositivo manual o automático para el ahorro de energía.
- No tienen circuitos independientes por lo cual no saben cuál es el consumo de dicha área, se encuentran dos laboratorios en los cuales comparten algunos circuitos.
- No se maneja claramente la alimentación en el cuarto donde están conectados oficinas, laboratorios, talleres y casino se debe independizar cada sección y saber cuál es el consumo de dicha área.

A continuación se muestra un diagrama de causa y efecto asociado a la baja eficiencia y una tabla de control genérico del área de molinos.

7.2. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO APLICADO AL ÁREA DE MOLINOS

Figura 25. Diagrama causa y efecto con respecto a la baja eficiencia energética en planta de molinos.



7.3. DATOS DE LA VARIABLE DE CONTROL GENÉRICO

Tabla 11. Variables de control genéricas.

VARIABLES DE CONTROL GENÉRICAS			
ÍTEM	PRODUCCIÓN	MANTENIMIENTO	OPERACIONALES
1	Cuellos de botella: Al tener una sola línea de producción, esta se puede convertir en un cuello de botella, cuando se sale del proceso uno de los molinos. (Cuando ocurre algún evento).	Frecuencia en avería de los equipos: El ingenio comprende una zona muy extensa en el valle desde Jamundí hasta Andalucía al norte del valle, en total salen 50 motores al mes, por diversas razones (fábrica, destilería, calderas y las zonas de campo).	Reducción de cargas en vacío: solo se realiza en los arranques o cuando ocurre algún evento.
2	Sustitución de materias primas: Solo se tiene la caña como materia prima, no hay sustitutos.	Tiempo de reparación de averías y consumo en vacío: 5 días (trámite administrativo y entrega).	Reducción de tiempos de arranques: Solo para las altas potencias se controla el tiempo de arranque.
3	Cambios frecuentes de materia prima: Solo se tiene la caña como materia prima, no hay sustitutos.	Estado técnico de los equipos: Cada 15 días (mantenimiento general (referente al sistema eléctrico)).	Cambios en la secuencia de arranque: Se optimiza.
4	Cambios frecuentes de producción: Se fija en base al clima, bolsa de valores, rendimiento de la caña (calidad) y el estado de la planta.	Coordinación de tiempos de mantenimiento: Subestaciones calderas motores de enfriamiento.	Reducción de tiempos de preparación y ajuste de equipos: aumentar a futuro.
5	Paso de producción por bache a continua: El proceso es continuo, en algunos pequeños procesos son baches.	Equipos de alta frecuencia de averías sin stand- by: Presenta un buen servicio eléctrico y de vapor.	Cambios de velocidad en el proceso: Se busca a futuro ser más eficientes.

Tabla 11 (continuación)

6	Uso de líneas de producción de menor consumo energético: Proceso del ingenio es lineal.	Baja calidad de la energía térmica y eléctrica: se requiere un mayor monitoreo.	Uso mínimo de equipos: Constante cambio para optimizar.
7	Reducción de pasos por proceso productivo: Se tienen estudios, pero es complicado por la maquinaria la cual ya esta fija por su tamaño.	Falta de prioridades de mantenimiento: Falta de protección en los equipos mala coordinación.	Uso de equipos más eficientes: Se busca a futuro.
8	Combinación de pasos de procesos: En el área de elaboración.	Falta de instrumentación o instrumentación dañada: falta de sensor temperatura, para saber el estado de la maquina.	
9	Reducción de rechazos: Los rechazos de algunos productos se vuelven materia prima para nuevos productos.	Desconocimiento del operador para prevenir fallas: operador (desconocimiento de la maquina).	
10	Reducción de re-procesos: En la utilización de la azúcar refinada.	Equipos limitados en capacidad: falta de capacitación.	
11	Reducción del tiempo total del ciclo de producción: Hay reducción en los tiempos de los procesos por la automatización de la zona de molinos.	Otro: estudio de potencia real para el proceso con base al flujo que mueve la maquina.	
12	Uso de gravedad en el transporte de productos: Se utiliza en algunos procesos.		
13	Automatización parcial o total de la producción: Automatización total en molinos y en la zona de elaboración es parcial.		

Tabla 11 (continuación)

14	Reducción de espacios de fabricación: Por normas ambientales y locativas, debido a algunos factores de riesgo físico – químico.
15	Impacto del medio ambiente en la producción: Factores ambientales controlan la rata de producción.
16	Evaluación de alternativas productivas: Concurso de innovación para proponer alternativas en el ingenio por parte de la gerencia.

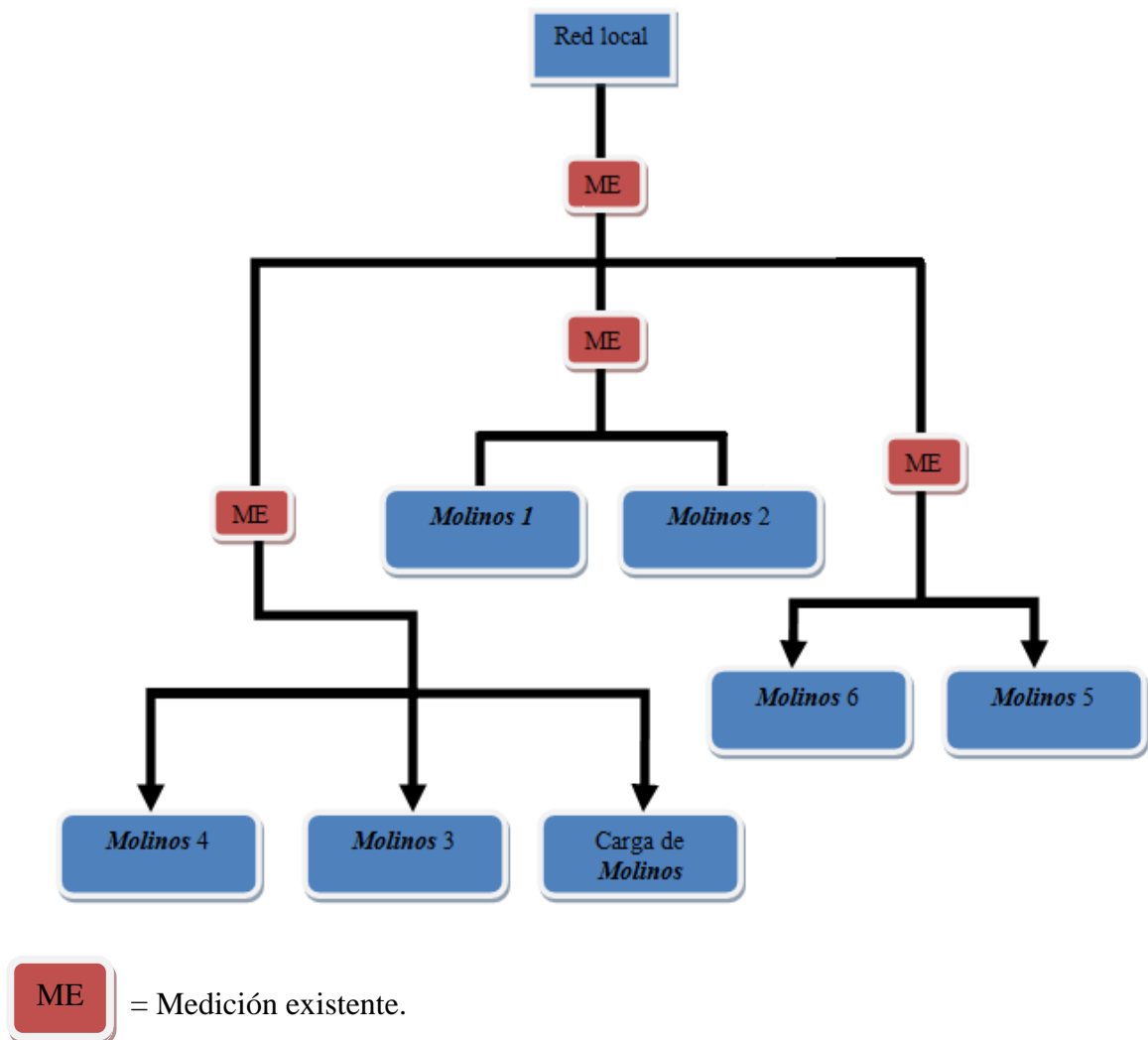
Los anteriores datos fueron consultado con los operarios de las maquinas, las personas encargas del mantenimiento y los jefes de el área de potencia eléctrica y control del ingenio providencia.

El ingenio está dispuesto a adoptar medidas para la disminución del consumo de energía eléctrica, caso por el cual debe incentivar a los trabajadores para realizar proyectos acordes con el ahorro energético, realizar seguimiento a toda su estructura y mejorar su factor de potencia el cual es muy bajo y produce muchas pérdidas.

8. RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

8.1. MEDICIÓN ACTUAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

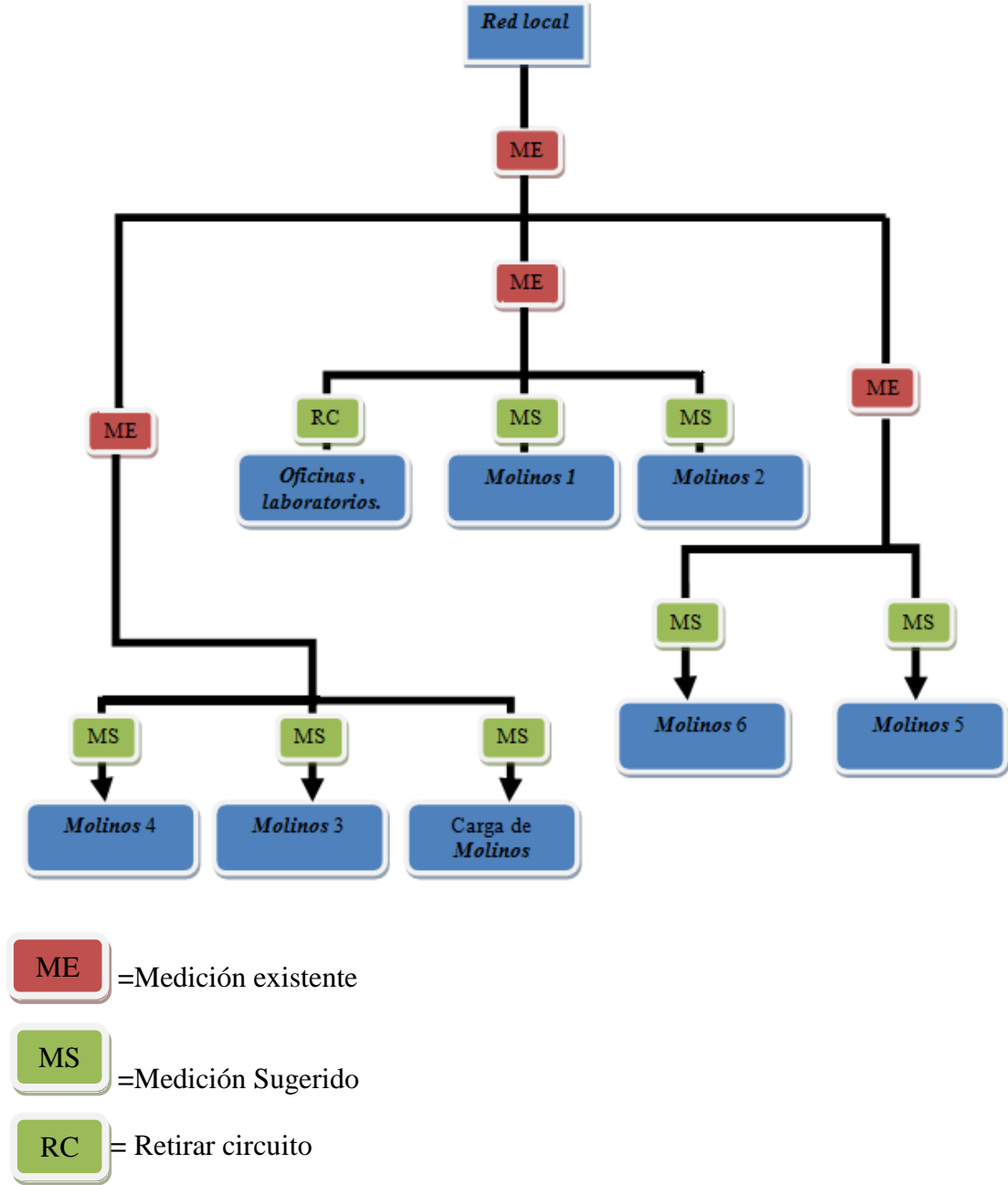
Figura 26. Ubicación actual de medidores en el área de molinos.



En la figura 18 se ilustra la ubicación de los medidores que se encuentran actualmente en el ingenio providencia en el área de molinos, al realizar un recorrido por las redes, se encuentra que la figura 13 no contiene algunos circuitos que se encuentran en la actualidad, al revisar la ubicación de los medidores se observa que llegan muchas cargas a un solo medidor, por lo cual no se puede llevar un control de consumo de energía en esta área.

8.2. MEDICIÓN PROPUESTA PARA EL ÁREA DE MOLINOS DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Figura 27. Propuesta de ubicación de medidores para el área de molinos.



En inspección realizada al área de molinos, se encuentra un circuito no relacionado con esta área. Este circuito está relacionado con las siguientes ubicaciones: oficinas de fábrica, laboratorios de fábrica, taller de electrónica y casino, para tener una correcta medición del área de molinos se debe retirar este circuito no pertenece a esta área.

Al revisar las redes eléctricas del área de molinos se encontraron circuitos que no pertenecen a esta área, por lo cual deben de ser cambiados, en la figura 19 se sugieren nuevos medidores para llevar un control de consumo eléctrico, al separar las cargas de un solo medidor tenemos un mayor control del consumo a diferencia de la figura 13 donde se agrupan muchas cargas a un solo medidor.

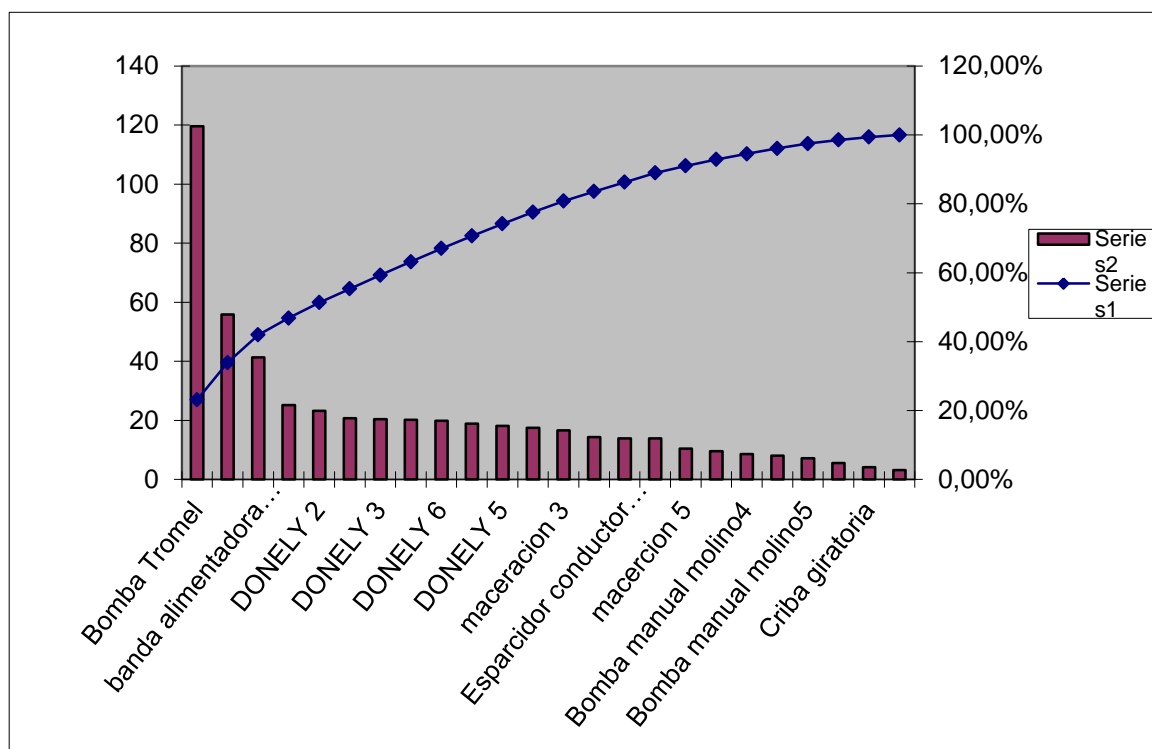
Tabla 12. Resultado sobre la ubicación de los Medidores.

Medidores	Comentarios
Existentes	Con los medidores existentes no se puede determinar el consumo por equipos en el área de molinos, este consumo se toma general por lo cual no se puede determinar fácilmente los equipos que están siendo ineficientes.
Sugeridos	Para conocer el consumo real por equipo en el área de molinos, se recomienda implementar entre 4 a 7 nuevos medidores de energía, para conocer el comportamiento individual de los molinos para determinar si son eficientes o no en el proceso.
Retirar circuito	En el área de molinos, llega un circuito perteneciente a otra área el cual hace referencia a laboratorios, oficinas de fabrica y casino, este no hace parte del área de molinos por lo por cual debe ser retirado, para poder determinar el consumo real del área de molinos y determinar su comportamiento en base a la eficiencia energética.

9. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LOS EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO EN EL ÁREA MOLINO

El diagrama de Pareto refleja cuales son las maquinas de mayor consumo las cuales estas asociadas a las bombas de molinos y en la cual la bomba Tromel es la de mayor consumo.

Figura 28. Diagrama de Pareto de los motores que mueven las bombas del área de molinos.



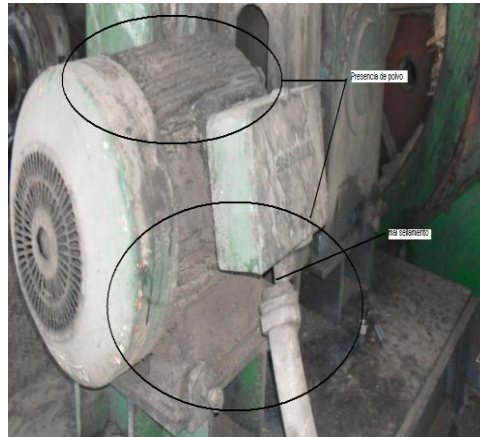
Como se puede observar los motores de mayor consumo son la bomba Tromel, alimentador de molino1 y los Donnelly 1, 2, 3, 4 y 5 donde se tiene que analizar el estado de los motores, varios de los problemas que afectan a los motores es su bajo factor de potencia, baja eficiencia, ciclo de vida, humedad, vibraciones etc.

A continuación se muestra el estado y análisis de eficiencia realizado a los motores de las bombas del área de molinos.

9.1. IMÁGENES DE ESTADO DE MOTORES

Imágenes de los estados de los motores, donde se encuentran con polvo procedente del bagazo (bagacillo), el cual afecta al motor, produciendo pérdidas por humedad.

Figura 29. Fotos de los motores del área de molinos.



9.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MOTORES ESTÁNDAR VS MOTORES EFICIENTES

Tabla 13. Tabla de resultados de eficiencia.

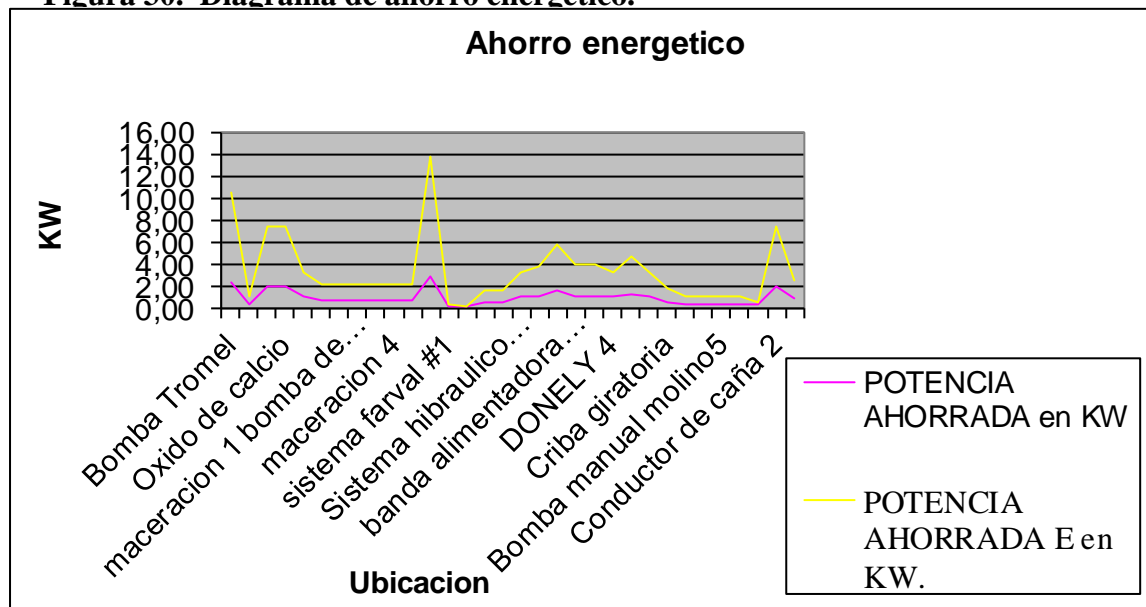
Eficiencia estimada +/-0,6	POTENCIA AHORRADA con motores eficientes en KW.	KW/H DE AHORRO con motores estándar al año	KW/H DE AHORRO con motores eficientes al año	CONSUMO EN PESOS	CONSUMO EN PESOS E	Costo en pesos de la maquina	Años de recuperación motores estándar	Años de recuperación motores eficientes
87,50	10,59	18820,5	83619,6	\$ 2.634.868,09	\$ 11.706.739	\$ 31.391.700	12	2,7
80,00	1,07	3333,7	8470,7	\$ 466.723,64	\$ 1.185.902	\$ 3.579.400	8	3,0
86,70	7,52	15384,0	59358,3	\$ 2.153.765,91	\$ 8.310.160	\$ 20.157.200	9	2,4
86,70	7,52	15384,0	59358,3	\$ 2.153.765,91	\$ 8.310.160	\$ 20.157.200	9	2,4
84,70	3,35	8048,6	26450,7	\$ 1.126.805,24	\$ 3.703.094	\$ 10.328.500	9	2,8
83,30	2,25	5876,8	17754,7	\$ 822.745,48	\$ 2.485.656	\$ 6.686.400	8	2,7
83,30	2,25	5876,8	17754,7	\$ 822.745,48	\$ 2.485.656	\$ 6.686.400	8	2,7
82,60	2,24	5618,8	17692,0	\$ 786.633,88	\$ 2.476.886	\$ 6.686.400	9	2,7
82,60	2,24	5618,8	17692,0	\$ 786.633,88	\$ 2.476.886	\$ 6.686.400	9	2,7
82,60	2,24	5618,8	17692,0	\$ 786.633,88	\$ 2.476.886	\$ 6.686.400	9	2,7
82,60	2,24	5618,8	17692,0	\$ 786.633,88	\$ 2.476.886	\$ 6.686.400	9	2,7
87,80	13,86	23647,6	109475,8	\$ 3.310.669,08	\$ 15.326.613	\$ 38.073.700,0	12	2,5
69,00	0,29	1274,7	2299,2	\$ 178.463,50	\$ 321.882	\$ 1.644.000,00	9	5,1
66,10	0,22	1029,9	1771,5	\$ 144.184,35	\$ 248.006	\$ 1.524.000,00	11	6,1
82,70	1,66	4412,8	13085,2	\$ 617.791,85	\$ 1.831.931	\$ 6.079.700,00	10	3,3
82,70	1,66	4412,8	13085,2	\$ 617.791,85	\$ 1.831.931	\$ 6.079.700,00	10	3,3
84,70	3,35	8048,6	26450,7	\$ 1.126.805,24	\$ 3.703.094	\$ 10.328.500,00	9	2,8
85,20	3,89	8914,4	30746,9	\$ 1.248.011,46	\$ 4.304.565	\$ 12.573.200,00	10	2,9
86,10	5,84	12676,4	46103,3	\$ 1.774.698,20	\$ 6.454.460	\$ 17.702.800,00	10	2,7
85,20	4,06	9285,8	32028,0	\$ 1.300.011,94	\$ 4.483.922	\$ 12.573.200,00	10	2,8

Tabla 13 (continuación)

Eficiencia estimada +/-0,6	POTENCIA AHORRADA con motores eficientes en KW.	KW/H DE AHORRO con motores estándar al año	KW/H DE AHORRO con motores eficientes al año	CONSUMO EN PESOS	CONSUMO EN PESOS E	Costo en pesos de la maquina	Años de recuperación motores estándar	Años de recuperación motores eficientes
85,20	4,06	9285,8	32028,0	\$ 1.300.011,94	\$ 4.483.922	\$ 12.573.200,00	10	2,8
84,70	3,35	8048,6	26450,7	\$ 1.126.805,24	\$ 3.703.094	\$ 10.328.500,00	9	2,8
85,70	4,71	10228,6	37212,1	\$ 1.432.006,61	\$ 5.209.697	\$ 14.213.500,00	10	2,7
84,70	3,35	8048,6	26450,7	\$ 1.126.805,24	\$ 3.703.094	\$ 10.328.500,00	9	2,8
82,70	1,84	4903,1	14539,1	\$ 686.435,39	\$ 2.035.479	\$ 6.079.700,00	9	3,0
80,00	1,07	3333,7	8470,7	\$ 466.723,64	\$ 1.185.902	\$ 3.579.400,00	8	3,0
80,00	1,07	3333,7	8470,7	\$ 466.723,64	\$ 1.185.902	\$ 3.579.400,00	8	3,0
80,00	1,07	3333,7	8470,7	\$ 466.723,64	\$ 1.185.902	\$ 3.579.400,00	8	3,0
80,00	1,07	3333,7	8470,7	\$ 466.723,64	\$ 1.185.902	\$ 3.579.400,00	8	3,0
77,10	0,63	2200,1	4958,2	\$ 308.015,06	\$ 694.151	\$ 2.078.000,00	7	3,0
86,70	7,52	15384,0	59358,3	\$ 2.153.765,91	\$ 8.310.160	\$ 20.157.200,00	9	2,4
83,90	2,61	6552,2	20609,3	\$ 917.306,16	\$ 2.885.305	\$ 7.774.000,00	8	2,7
	110,70	246888,8	874070,2	\$ 34.564.428,84	\$ 122.369.829	\$ 330.161.400		

9.3. DIAGRAMA DE AHORRO ENERGÉTICO

Figura 30. Diagrama de ahorro energético.



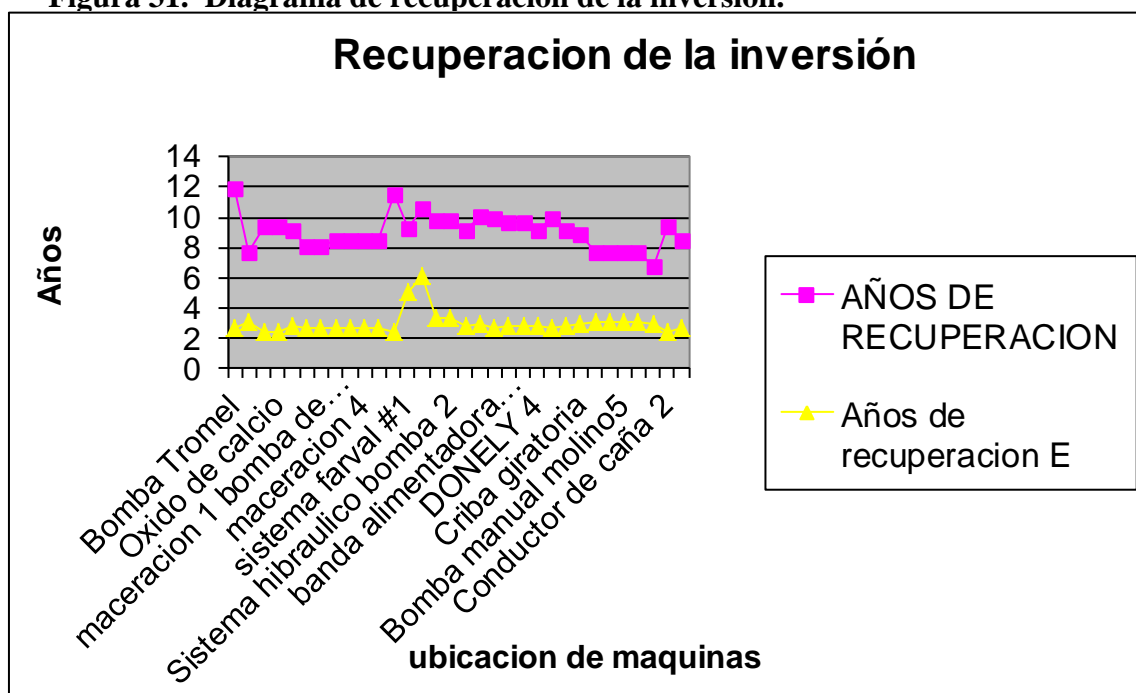
En el anterior diagrama podemos observar como entre más potencia se maneje el ahorro será mayor y en potencias menores no será tan significativo, además el ahorro en KW., es mayor comparado con un motor estándar.

Con esta grafica podemos determinar el ahorro que se puede tener al manejar motores eficiente, con este ahorro podemos determinas cuánto dinero nos ahorraremos en el año y si se realiza la compra de nuevos equipos, en cuanto tiempo recuperaremos la inversión.

El tiempo de recuperación de la inversión es de 2 años y medio con motores Premium, a diferencia de los motores estándar que su tiempo de recuperación es más largo.

9.4. DIAGRAMA TIEMPO DE RECUPERACIÓN

Figura 31. Diagrama de recuperación de la inversión.



En el anterior diagrama podemos observar que el tiempo de recuperación para, los motores estándar están entre 5 a 10 años en la recuperación de la inversión, y los motores de alta eficiencia y en este caso los motores Premium su promedio de recuperación es de 2 a 3 años, solo con el ahorro que ofrecen estos motores, sin considerar el ahorro en el mantenimiento, ya que estos motores, son más resistentes que los estándar y soportan mayor temperatura y el tiempo de vida útil es mayor, razones por las cuales se debe de tener en cuenta en un futuro cambio de motores.

Al considerar los mantenimientos de los motores estándar actuales y compararlos con un tiempo de recuperación de una futura inversión en motores de alta eficiencia y Premium, acortan el tiempo de recuperación, el cual se puede considerar entre un intervalo de 1 a 2 años para recuperar la inversión.

10. RECOMENDACIONES PARA CUMPLIR CON LA NORMA ISO 50001

- La alta gerencia debe de estar comprometida con la gestión eficiente de la energía eléctrica, en la cual también involucra la inversión en maquinaria para la disminución del consumo de la energía eléctrica.
- Se debe implementar el departamento de gestión energética en el ingenio PROVIDENCIA S.A., este departamento estará encargado de fijar la línea meta de cada una de las áreas o procesos del ingenio, las normas que se debe seguir para el cumplimiento de las metas de ahorro y fijar como se debe de implementar el seguimiento a los indicadores de gestión eficiente de la energía eléctrica.
- Este departamento estará dividido en dos partes:

El primer grupo: será el encargado de llevar acabo los indicadores de gestión eficiente de la energía eléctrica y en el seguimiento de estos indicadores, para establecer las áreas de mayor consumo y la energía no asociada a la producción, en el proceso productivo de implementar un seguimiento de la línea meta, la cual deberá estar implementada en los sistemas SCADA del ingenio, para fijar los ahorros diarios y anuales.

El segundo grupo: será el encargado de la eficiencia energética, el cual se encargara de la parte técnica de las maquinas, Estudio e implementación de maquinaria para mejorar la eficiencia en los motores eléctricos y los transformadores, en la iluminación con estudios de retilap y en los espacios que lo requieran dispositivos autónomos.

A continuación se muestra en la figura 23 como es la estructura organizacional del ingenio providencia S.A., en la zona de fábrica actualmente y en la figura 24 se encuentra la estructura recomendada para cumplir con la norma ISO 50001.

10.1. ESTADO ACTUAL DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A. EVALUADO CON LA NORMA ISO 50001

Tabla 14. Estado actual del ingenio comparado con la norma ISO 50001.

ESTADO ACTUAL DEL INGENIO PROVIDENCIAS.A., COMPARADO CON LA NORMA ISO 50001.			
REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTION DE LA ENERGIA NORMA ISO 50001.	#	ESTADO EN QUE SE ENCUENTRA EL INGENIO.	RECOMENDACIONES PARA CUMPLIMIENTO O MEJORA.
REQUISITOS GENERALES.	4.1	<p>1. En el ingenio providencia S.A., no se ha implementado esta norma.</p> <p>2. No se encuentran registros donde se especifique que se ha implementado o mantenido un SGIE.</p>	<p>1. Al inspeccionar y verificar que el ingenio providencia no cumple con la norma, se recomienda lo siguiente: se debe establecer, documentar, implementar el SGEN para cumplir con la norma, luego se debe mantener y mejorar para cumplir con los requisitos de esta norma internacional.</p> <p>2. En este proceso se debe definir cual va hacer el alcance y los limites que va a tener el SGEN, el cual puede ser documentado como un manual.</p>

<p>RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN GENERAL.</p>	<p>4.2 4.2.1</p>	<p>1. El ingenio providencia tiene el interés de implementar un sistema de eficiencia energética en base al ahorro de la energía eléctrica, el cual no ha contemplado la implementación de SGEN donde se mida el ahorro de la energía eléctrica en base a la producción.</p> <p>2. No se ha establecido, implementado y mantenido una política energética.</p> <p>3. La alta dirección del ingenio providencia S.A. No ha conformado el Departamento de Gestión Energética, caso por el cual no se implementa esta norma, al no contar con este Departamento.</p> <p>4. No se ha establecido un representante que se encargue de la dirección del SGIE, por lo cual tampoco se cuenta con un grupo para la gestión de la energía.</p>	<p>1. Es necesario la implementación de un Departamento de gestión Energética el cual se encargue de cumplir con la norma.</p> <p>2. Al implementar el Departamento de gestión eficiente de la energía deberá plantear logros, los cuales se tienen que cumplir en el proceso.</p> <p>3. Al implementar una política energética en el ingenio, se debe de capacitar al personal con todo lo referente al ahorro de energía y los procedimientos que se deben de tomar para cumplir con esta política.</p> <p>4. Definir cómo se va a conformar el comité de gestión energética en cada área, el tiempo mínimo de dedicación semanal por parte de los integrantes y las funciones y responsabilidades de los mismos.</p>
--	------------------------------------	---	---

		5. No se han identificado ni establecido los límites y alcance del Sistema de Gestión Energética para la empresa.	
LA POLÍTICA ENERGÉTICA.	4.3	1. Dentro de las políticas del ingenio no se encuentra un enfoque a la gestión eficiente de la energía, su enfoque esta hacia la generación eficiente de energía.	1. es necesario la implementación de una política energética que se aplique en el ingenio y la cual cumpla con la norma ISO 50001.
PLANIFICACIÓN GENERAL.	4.4 4.4.1	1. No se encontró un manual de energía en el que se registre el proceso de planificación de la gestión energética en la empresa.	1. Redactar dentro del manual de la energía la forma en que se lleva a cabo la planificación de la gestión de la energía en la empresa.
PLANIFICACIÓN MONITOREO DEL USO DE LA ENERGÍA.	4.4 4.4.3	1. No se encontró evidencia de la existencia de un documento en el que se describa la metodología para llevar a cabo la revisión de la energía.	1. Se debe de reestructurar los planos eléctricos de la empresa en los cuales se encuentre y reubique los circuitos nuevos y que no pertenecen a esas áreas.

		<p>2. no se cuenta con una proyección o un plano de expansión eléctrica a futuro dentro de la empresa, en la cual se afecta por que nacen nuevos circuitos los cuales no están identificados.</p> <p>3. El ingenio cuenta con los históricos de consumo de energía eléctrica, algunos de estos datos han sido manipulados, al tener problemas con los medidores, no se tenía el valor real por áreas de consumos, desde el 2011 comenzaron a tomar los datos reales del consumo de la energía eléctrica por cada área.</p>	<p>2. se debe de estructurar proyectos de tendido eléctrico, los cuales deben de estar al alcance de todos en el ingenio y debe de ser comunicado al dibujante para ser agregado al diagrama unifilar de la empresa.</p> <p>3. Con el análisis de los consumos de energía eléctrica por áreas se puede caracterizar la empresa y enfocarse en aquellas áreas de mayor consumo.</p>
PLANIFICACIÓN PUNTO DE PARTIDA DEL SISTEMA DE ENERGÍA.	4.4 4.4.4	1. No se encontró documentada la energía base de referencia para la empresa, ni métodos o procedimientos para su establecimiento, al no haber implementado un sistema de gestión eficiente de energía.	1. Establecer una metodología para la determinación de la línea base de referencia para las áreas, equipos o sistemas. Realizar el registro y actualización según lo indique la metodología.
PLANIFICACIÓN INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.	4.4 4.4.5	1. No se cuenta con indicadores de eficiencia energética, no se ha	1. Establecer indicadores de eficiencia energética y sistemas de medición, según las necesidades de las instalaciones.

		implementado un proceso de gestión energética dentro del ingenio.	Documentar la metodología para establecer, actualizar, registrar y revisar dichos indicadores.
PLANIFICACIÓN OBJETIVOS, METAS Y PLANES DE ACCIÓN.	4.4 4.4.6	1. No se está trabajando en proyectos de gestión eficiente de la energía dentro del ingenio, caso por el cual no se tienen metas o planes de acción para el ahorro energético.	1. Definir claramente los objetivos, metas y planes de acción de la empresa de acuerdo con los requerimientos del numeral 4.4.6 de la norma ISO 50001.
IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN COMPETENCIA, FORMACIÓN Y TOMA DE CONCIENCIA.	4.5 4.5.1	1. No se cuenta con un proceso de formación de personal, en el cual incentive el ahorro eficiente de la energía eléctrica.	1. Se debe de capacitar el personal en el uso adecuado de los equipos y maquinas del ingenio, además de especificar la formación y experiencia que tiene que tener el personal para realizar estas labores.

11. CONCLUSIONES

La caracterización energética en el área de molinos del ingenio Providencia S.A., permitió conocer el comportamiento de ésta planta, con la finalidad de definir e implementar los indicadores de gestión energética acordes con las necesidades de la compañía y los lineamientos de las herramientas del **SGIE** recomendadas por la **UPME**, identificando los equipos de mayor consumo de energía eléctrica y los ahorros potenciales.

Con los análisis realizados en el área de molinos se obtuvo un potencial de ahorro por año de **906.559 kWh**, equivalentes a **\$135'983.852 pesos**, valor importante para el uso racional de la energía y que va enmarcado en las políticas ambientales de la compañía. Éste es el resultado de la caracterización energética empleada en el área de molinos que permitió encontrar el consumo de energía eléctrica que no está asociado a la producción.

Los resultados obtenidos en este estudio son de gran importancia para crear y ejecutar medidas en base a los indicadores definidos en este trabajo, lo que permitiría generar un gran impacto tanto en el costo de producción como en la parte ambiental a favor de las políticas de la compañía. En este orden de ideas es fundamental que la gerencia de fábrica evalúe la creación de un departamento de gestión energética encargado de la implementación y seguimiento de los indicadores energéticos establecidos, los cuales están caminados al uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Con el fin de cumplir con los lineamientos estatales es importante tomar como guía las recomendaciones, especificaciones y/o normas que competen con la gestión energética; en el desarrollo de este trabajo se tomo como pilares las herramientas de la **SGIE** recomendados por la **UPME** y la norma **ISO 50001**, que se complementan puesto que describen modelos estadísticos para la medición de los indicadores y modelos administrativos para la gestión de la eficiencia energética en una organización.

Los análisis de energía en base a la producción son de gran importancia para la eficiencia energética dentro del ingenio Providencia S.A., por lo cual se deben de manejar en sus variables de control y su sistema SCADA, no manejarlo solamente con base a la producción por año.

Es importante el conocimiento en tiempo real, de los indicadores energéticos definidos en el proyecto, por el personal de planta y coordinadores permitiendo una interacción continua que facilita la interiorización por parte del personal de la importancia de estas mediciones y la toma de decisiones oportunas para el cumplimiento de los objetivos trazados por el departamento de gestión energética. Un medio que permite de manera

fácil y eficiente la comunicación de los indicadores, sería el sistema SCADA ya que se cuenta con una infraestructura base que minimiza la inversión.

La implementación de los protocolos recomendados en este proyecto sobre los indicadores de gestión energética será de gran importancia para controlar, analizar y evaluar los planes de ahorro energéticos a corto, mediano y largo plazo. Es de importancia enlazar estos protocolos con el Sistema de Calidad de la compañía para fomentar la mejora continua de los procesos de la compañía.

Los análisis realizados en este proyecto permitieron detectar una falencia en cuanto a la medición en el área de molinos, es necesario implementar estratégicamente otros medidores de energía eléctrica para llevar a cabo un mayor control sobre los equipos en esta área.

Se recomienda por parte de los jurados que aprobaron el proyecto, el cambio de título de este proyecto, el cual es diseño y establecimiento de indicadores ser cambiado por establecimiento de indicadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Muñiz, Jorge Luís, “Caracterización energético – productiva en la empresa hotel Puerta del Sol S.A.” Barranquilla, 2004. 56 pp.
2. CADAVID ARMILLA, Andrés. Caracterización energética de la empresa coca-cola Femsa usando el modelo de gestión integral en operación. Santiago de Cali, 2009.90p. Trabajo de grado (Ingeniero electricista). Universidad Autónoma de occidente. Facultad de ingenierías.
3. CAMPOS AVELLA, J.C., LORA FIGUEROA, E., MERIÑO L. Tecnología para la gestión energética empresarial: I congreso internacional sobre uso racional y eficiente de la energía, (2004, pág. 319) Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali Facultad de ingeniería. Universidad del atlántico.
4. TABORDA GALLON, Andrés Mauricio. Caracterización energética en las plantas de pulpa de SMUEFIT KAPPA Cartón Colombia, aplicando el sistema de gestión integral de energía. Santiago de Cali, 2011. Trabajo de grado (Ingeniero electricista). Universidad Autónoma de occidente. Facultad de ingenierías.
5. Ingenio providencia: Pagina del ingenio providencia [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: <http://www.ingprovidencia.com/>
6. Ministerio de minas y energía: Pagina de consulta del ministerio de minas y energía de Colombia [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/article-121052.html>
7. Portafolio: Pagina de consulta sobre economía y negocios [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: http://www.portafolio.com.co/negocios/agronegocios/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-6531908.html
8. UPME: Pagina de consulta de la unidad de planeación minero energética [en línea]. [Consultado 10 de septiembre de 2010]. Disponible en internet: <http://www1.upme.gov.co/>
9. NEMA MEXICO: Pagina consulta sobre los motores eficientes [en línea]. [Consultado 3 de agosto del 2011]. Disponible en internet: <http://www.canena.org/files/MotorEfficiencyStds.pdf>

10. URE: Pagina de consulta sobre eficiencia de motores [en línea]. [Consultado 15 de agosto del 2011]. Disponible en internet: <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-la-eficiencia-de-los-motores-articulo-tecnico-espanol.pdf>
11. Indicadores de gestión: Pagina de consulta sobre los indicadores de gestión [en línea]. [Consultado 22 de agosto del 2011]. Disponible en internet: <http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LAS BOMBAS DEL AREA DE MOLINOS

PRECEDENTE DEL INGENIO PROVIDENCIA S.A. AREA MOLINOS.

Estado actual de los motores, fabrica (molinos):

Historial (motores, área molinos)

General.

En el área se encuentran motores estándar, en los cuales algunos ya cumplieron un periodo útil, por lo cual están generando pérdidas al sistema eléctrico, su bajo factor de potencia demanda una mayor tensión en la red.

Baja eficiencia

La baja eficiencia es síntoma de:

- Un mayor consumo de energía eléctrica.
- Motores que han sido rebobinados en varias ocasiones.
- Estado que se encuentren los motores (humedad, polvo, etc.).

Muchos de los motores de esta área se encuentran sobredimensionados o no son llevados a su carga nominal, produciendo con esto pérdidas de consumo, el promedio de la molienda es llevado a 420T/h. lo cual indica que se puede aumentar la producción de 420T/h y llevarlo a valores más altos para un mejor aprovechamiento de los motores actuales.

Sobre dimensionamiento. Se encuentra motores sobredimensionados con respecto a la carga que pueden mover, un motor estándar, se puede trabajar con un 75% de su

capacidad nominal, momento en el cual va a ser eficiente y maneja en margen en Caso de trabajar al 100% de su carga nominal. Cuando se trabajan los motores en estos porcentajes entregan toda su capacidad, por lo cual no generan pérdidas y son eficientes, pero cuando se trabaja por debajo de estos rendimientos los motores generan pérdidas por un mayor consumo, además que presentan problemas cuando se trabaja a este ritmo, calentamiento en el bobinado, caso por el cual aumento en la temperatura y pérdida en la magnetización.

¿Qué ocurre con las reparaciones en los motores? Cuando se rebobina un motor conduce a una pérdida en el rendimiento, en algunos casos importantes, y adicionalmente una menor fiabilidad de funcionamiento, en cuanto la temperatura incrementa y pierde las características de eficiencia.

Si un motor es rebobinado en varias ocasiones, esto tiene serias repercusiones en la maquina (al retirar el bobinado esto afecta las chapas magnéticas y pierde las características de magnetización del motor, el recubrimiento al cual se someten las chapas en fabricación se pierde provocando corrientes de fuga, la eficiencia en el motor se va perdiendo y se incrementa el consumo de corriente por pérdida en los devanados) continuación se presentan las pérdidas que se encuentran en un motor y se incrementan cuando se rebobinan los motores:

- Pérdidas en los conductores
- Pérdidas en los conductores del estator.
- Pérdidas en los conductores del rotor.
- Pérdidas en los núcleos magnéticos.
- Pérdidas por histéresis.
- Pérdidas por fricción y ventilación.

¿Por qué considerar un motor eficiente? El incremento de la eficiencia en los motores asincrónicos de jaula de ardilla se logra con la reducción de las pérdidas.

Las pérdidas en los motores pueden reducirse hasta un 50% a través del uso de mejores materiales, optimizando la geometría, ajustando mejor el motor con la carga y mejorando el proceso de fabricación.

Si el costo del mantenimiento supera el 50% de la inversión del motor¹³

Ventajas de los motores eficientes:

- Al tener una eficiencia mayor, se consume menos energía eléctrica, la cual se puede asociar con el tiempo de recuperación de la inversión y el ahorro energético, si se trabaja muy cerca de la potencia nominal.
- Los motores eficientes son más robusto, pueden ser sobredimensionados y entregan eficiencia, se tiene una menor temperatura y mejor ventilación por diseño, su deslizamiento es menor y trabajan con mayor velocidad que los motores estándar
- Por su diseño el cual es más robusto que los estándar reduce el mantenimiento en los motores al ser más resistentes, y su tiempo de vida es mayor que los estándar
- Dependiendo el Proceso donde se incluyan los motores pueden ser ventajosos por su mayor velocidad y menor deslizamiento.

Desventajas de los motores eficientes:

- Al tener mayor velocidad, se incrementa la carga, lo cual se debe tener en cuenta en el diseño de una planta.
- El arranque es mayor que en los motores estándar por lo cual se tiene que tener en cuenta en el ajuste de protección del motor.
- Presentan un mayor costo que los estándar.

Aplicaciones en la industria:

- Cuando operan con carga constante y muy cerca a la potencia nominal.
- Cuando se usan para remplazar motores sobredimensionados.

¹³ ABB: eficiencia de los motores “Optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores

- Cuando se usan conjuntamente con (variadores, arrancadores) lo cual incrementa la eficiencia y es notable el ahorro de energía eléctrica.

Formula de ahorro en pesos.

$$PA(KW) = 0.746 * HP * T * CH * \left(\frac{100}{E_1} - \frac{100}{E_2} \right)^{14}$$

PA= Potencia ahorrada.

HP=Caballos de fuerza.

T= Tiempo de operación de la maquina en el año.

CH=costo del KW/h en pesos.

E1= Eficiencia del motor estándar.

E2= Eficiencia del motor de alta eficiencia.

Ejemplo de ahorro:

El incremento de 1% en la eficiencia (de 94% a 95%) en un motor 500hp que opera a un 80% del factor de carga, representaría el ahorro de energía:

$$\text{Energía 94\%} = (0.746 * 500 * 0.80) / 0.94 = 317.45 \text{KW}$$

$$\text{Energía 95\%} = (0.746 * 500 * 0.80) / 0.95 = 314.11 \text{KW}$$

El ahorro es de 3.34KW, si el motor trabaja 6000 horas/ año y un costo de energía de 5 centavos por KW.-h, el ahorro será de \$1002.

¹⁴ URE: la eficiencia de los motores “algo más importante de los que pensábamos”

ANEXO B. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE MOLINOS

Datos de los motores:

Tabla 15. Datos de placa de los motores.

CARGA INSTALADA EN MOLINOS									
POTENCIA									
ITEM	UBICACIÓN	TENSION	CORRIENTE	W	HP	RPM	FP	# de polos	Frame
1	Bomba Tromel	440	181	111900	150	1190	81,6	6	447T
2	Tanque jugo de criba	440	13,3	7460	10	1760	83	4	215T
3	Oxido de calcio	440	8,5	74600	100	1780	No hay	4	405T
4	Oxido de calcio	440	115	74600	100	No hay	No hay	4	405T
5	Maceración 1 agua caliente	440	No hay	29840	40	No hay	No hay	4	324T
6	maceración 1 bomba de agua 1	440	33	18650	25	1770	No hay	4	284T
7	maceración 1 bomba de agua 2	440	31	18650	25	1760	86	4	284T
8	maceración 2	440	31	18650	25	1200	No hay	6	324T
9	maceración 3	440	No hay	18650	25	1150	No hay	6	324T
10	maceración 4	440	33,7	18650	25	1150	No hay	6	324T
11	maceración 5	440	100	18650	25	1170	No hay	6	324T
12	Tanque de jugo de bascula	4160	24,6	149200	200	1190	No hay	6	449T
13	sistema farval #1	440	2,1	1119	1,5	1740	79	4	145T

14	sistema farval #2	440	1,75	746	1		86	4	143T
15	Sistema hidráulico bomba 1	440	22	13428	18	1740	no hay	4	284T
16	Sistema hidráulico bomba 2	440	22	13428	18	1740	no hay	4	284T
17	Esparcidor conductor de caña 3	440	46	29840	40	1770	88,4	4	324T
18	Tambor nivelador 3	440	62	35808	48	1765	83,4	4	326T
19	banda alimentadora molino 1	440	87,5	55950	75	1720	92	4	365T
20	DONELY 2	440	64	37300	50	1760	82,2	4	326T
21	DONELY 3	440	64	37300	50	1760	88,2	4	326T
22	DONELY 4	440	46	29840	40	1760	88,2	4	324T
23	DONELY 5	440	68	44760	60	1760	88,2	4	364T
24	DONELY 6	440	46	29840	40	1760	82,2	4	324T
25	Criba giratoria	440	26,3	14920	20	1760	83	4	256T
26	Bomba manual molino3	440	14,5	7460	10	1760	82	4	215T
27	Bomba manual molino4	440	16,2	7460	10	1760	82	4	215T
28	Bomba manual molino5	440	16,2	7460	10	1760	82	4	215T
29	Bomba manual molino6	440	16,2	7460	10	1760	82	4	215T
30	Banda despachadora	440	8	3730	5	1740		4	184T
31	Conductor de caña 1	440	115	74600	100	1770	86,7	4	405T
32	Conductor de caña 2	440	58	37300	50	1770	86,7	4	326T
33	Conductor de caña 3	440	115	74600	100	1770	86,7	4	405T

34	Conductor de bagazo	440	35	22380	30	1760	87,7	4	286T
	TOTAL DE POTENCIA			1146229	1536,5				746
	POTENCIA TOTAL EN KW			1146,2					

Autor

La anterior tabla muestra los datos de placa de los motores a los cuales se les realizo el estudio de eficiencia energética, se valoró su eficiencia, estado en que se encuentran y comparación con motores de alta eficiencia, los motores de la tabla son motores estándar los cuales se han sido reparados y tiempo del ciclo de vida cumplida.

ANEXO C. TIEMPO DE OPERACIÓN

Tabla 16. Tiempo de operación en el año.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL DIAS
DIAS NORMALES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
DIAS CON MANTENIMIENTO	29	26	29	29	29	28	29	29	28	29	28	30	343
DIAS CON PARADAS	29	28	29	21	29	28	29	29	28	29	28	22	329
TOTAL HORAS DE TRABAJO DE MOTORES	696	672	696	504	696	672	696	696	672	696	672	528	
TOTAL DE HORAS OPERATIVAS	7896												

Autor

En la tabla dos se encuentra el tiempo de operación de la fábrica, en el cual se tiene en cuenta la paradas por mantenimiento casa 15 días y las 2 paradas al año de una semana para el mantenimiento general.

Este dato es muy impórtate para el Cálculo de ahorro del año, Con los tiempos de operación, se puede saber cuál es el régimen al que está expuesto el motor.

ANEXO D. MEDICIONES

Las mediciones realizadas en este proyecto se realizaron con el analizador FLUKE 435 el cual pertenece al Ingenio Providencia S.A.

Datos tomados de los motores de bombas de molinos:

Tabla 17. Datos medidos de los motores con el analizador FLUKE 435.

UBICACIÓN	TENSION	CORRIENTE	HP	HP A KW	KW	KW	KVA	KVAR	FP
Bomba Tromel	440	181	150	0,746	111,9	88	120	80,9	0,7
AJITADOR TROMEL	440	13,3	10	0,746	7,46	1,2	5,6	5,5	0,2
Oxido de calcio	440	8,5	100	0,746	74,6				
Oxido de calcio	440	115	100	0,746	74,6				
Maceración 1 agua caliente	440		40	0,746	29,84	19	25,2	16,6	0,8
maceración 1 bomba de agua 1	440	33	25	0,746	18,65	16	20,7	13,2	0,8
maceración 1 bomba de agua 2	440	31	25	0,746	18,65				
maceración 2	440	31	25	0,746	18,65	11,9	17,5	12,9	0,7
maceración 3	440		25	0,746	18,65	9,4	16,6	13,8	0,5
maceración 4	440	33,7	25	0,746	18,65	7,2	14,4	12,4	0,5
maceración 5	440	100	25	0,746	18,65	7,5	10,5	7,3	0,7
Tanque de jugo de bascula	4160	24,6	200	0,746	149,2				
sistema farval #1	440	2,1	1,5	0,746	1,119				
sistema farval #2	440	1,75	1	0,746	0,746				
Sistema hidráulico bomba 1	440	22	18	0,746	13,43				
Sistema hidráulico bomba 2	440	22	18	0,746	13,43				

Esparcidor conductor de caña 3	440	46	40	0,746	29,84	8,3	13,9	11,2	0,6
conductor de caña 2	440	62	48	0,746	35,81	10,5	13,9	9,1	0,8
banda alimentadora molino 1	440	87,5	75	0,746	55,95	30,5	41,4	28,1	0,7
DONELY 2	440	64	50	0,746	37,3	17	23,3	15,9	0,7
DONELY 3	440	64	50	0,746	37,3	13,2	20,4	15,5	0,7
DONELY 4	440	46	40	0,746	29,84	12,8	18,9	13,9	0,7
DONELY 5	440	68	60	0,746	44,76	12,3	18,2	13,4	0,7
DONELY 6	440	46	40	0,746	29,84	15,5	19,9	12,5	0,8
Criba giratoria	440	26,3	20	0,746	14,92	2,8	4,2	3,1	0,7
Bomba manual molino3	440	14,5	10	0,746	7,46	6,1	9,6	7,5	0,6
Bomba manual molino4	440	16,2	10	0,746	7,46	4,7	8,6	7,3	0,5
Bomba manual molino5	440	16,2	10	0,746	7,46	2,5	7,2	6,7	0,4
Bomba manual molino6	440	16,2	10	0,746	7,46	3,7	8,1	6,9	0,4
Banda despachadora	440	8	5	0,746	3,73	1,9	3,2	2,6	0,6
Conductor de caña 2	440	115	100	0,746	74,6	38	55,9	41	0,7
Conductor de bagazo 1	440	35	30	0,746	22,38	17,1	20,2	10,7	0,9

Autor.

En la anterior tabla es evidente que los motores se encuentran sobredimensionados, tiene un bajo factor de potencia.

Estos datos fueron tomados con un valor promedio de molienda deseada de 420 T/H lo cual indica que se puede aumentar la producción, estos motores se encuentran sobredimensionados.

El INGENIO PROVIDENCIA S.A. trabaja con un promedio de molienda de 420 t/H lo cual indica que puede aumentar la producción y estos motores pueden soportar la

molienda, pero el costo de operación se incrementara, por tener motores que han sido reparados en varias ocasiones provocando pérdidas por mantenimiento, el cual tiene un costo que no son relevantes y que dan el aval para considerar el cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia o motores Premium.

ANEXO E. HISTORIAL

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO DEL 2004 HASTA 2010 (COSTO):

Tabla 18. Historial de mantenimiento 2004 - 2010 (pesos)

TIPO DE MAQUINA	# DE ORDENES	COSTO EN PESOS
MOTOR BOMBA TANQUE MACERACION MOLINO # 5	6	\$ 6.980.988,95
MOTOR ELECTRI SIST TAMB PUEN GRUA 15 TON	4	\$ 15.071.541,76
MOTOR ELECTRICO DESPLAZ LONGITUD	4	\$ 1.459.538,81
MOTOR ELEC. BOMBA #2 ALIMENT JUGO TROMEL	4	\$ 7.890.005,05
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	4	\$ 21.225.801,01
MOTOR BOMBA MACERACION MOLINO # 3	4	\$ 1.566.774,76
MOTOR BOMBA BASCULA JUGO WILFLEY 10X6	3	\$ 11.003.187,18
MOTOR TALLER	3	\$ 3.870.816,92
MOTOR ELEC. BOMBA #1 ALIMENT JUGO TROMEL	3	\$ 5.763.694,92
MOTOR TALLER REPARACION	3	\$ 4.326.376,06
MOTOR ELECTR BBA PRINC REDU BAJA MOLI#3	3	\$ 1.118.908,93
MOTOR ELECT BBA AUXIL REDU INTERM MOL#1	2	\$ 863.791,08
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	2	\$ 1.338.109,36
SISTEMA ELECTRICO MOTOR BOMBA PRINCIPAL	2	\$ 1.447.242,26
MOTOR BOMBA # 2 MACER. JUGO MOLINO #2	2	\$ 246.742,00
MOTOR TALLER	2	\$ 3.817.867,57
MOTOR ELEC. BBA #2 CABEZOTES MOLINOS	2	\$ 2.047.155,16
MOTOR TALLER	2	\$ 3.524.673,38
MOTOR TALLER ELECTRICO REPARACION	2	\$ 1.166.834,36
SZ-110 VARIADOR DE VELOCIDAD MOTOR MOL#1	2	\$ 4.402.391,80
MOTOR ELECTRICO PASEO GRUA 36 TONS.	2	\$ 7.944.925,00
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	2	\$ 2.052.391,52
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	2	\$ 2.437.002,41
MOTOR TALLER REPARACION	2	\$ 853.515,00
MOTOR TANQUE #4 MACERACION (reparación)	2	\$ 2.850.779,83
MOTOR ELECT. CONDUCTOR DONNELLY # 6	2	\$ 2.847.500,16
MOTOR ELECTRICO # 1 JUGO FILTRADO # 1	2	\$ 1.378.974,76

TIPO DE MAQUINA	# DE ORDENES	COSTO EN PESOS
FP019547	2	\$ 2.885.825,33
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	2	\$ 2.885.825,33
FP005537	2	\$ 1.288.629,72
MOTOR TALLER ELECTRICO REPARACION	2	\$ 1.288.629,72
FP02100191	2	\$ 2.305.217,45
SISTEMA ELECT MOTOR BOMBA WINFLEY BASC	2	\$ 2.305.217,45
FP000251	2	\$ 1.513.875,53
MOTOR ELECTRI BBA AUXIL REDU BAJA MOL#6	2	\$ 1.513.875,53
MOTOR ELECT BBA RECUE. AGUA ENFRIAMIE	2	\$ 1.584.419,04
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	2	\$ 1.853.294,62
MOTOR ELE. BBA # 2 BASCULAS JUGO MOLI.	2	\$ 5.008.370,92
MOTOR ELECTR BBA PRINC REDU BAJA MOLI#6	1	\$ 563.728,52
MOTOR ELEC. BBA. SIST.FARV.# 1 CHUM.MOLI	1	\$ 564.862,44
MOTOR ELEC. BBA #1 MACERACION MOLI. #6	1	\$ 338.159,50
MOTOR ELECT LADO IZQ GALLEG0 #2 MESA # 4	1	\$ 1.125.224,00
MOTOR ELECTRICO PUENTE GRUA 15 TONS.	1	\$ 814.901,26
MOTOR ELECTRIC TAMBOR GANCHO 16 TON.	1	\$ 2.992.690,84
MOTOR ELECTR TALLER REPARACION	1	\$ 997.629,00
MOTOR ELECTR BBA PRINC REDU BAJA MOLI#4	1	\$ 963.849,12
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 337.017,60
MOTOR TALLER REPARACION	1	\$ 276.252,28
MOTOR TALLER REPARACION	1	\$ 701.668,44
MOTOR ELECTRICO MOLINO EXPERIMENTAL	1	\$ 857.089,01
MOTOR ELECTR CARRO PUENTE GRUA 15 TONS.	1	\$ 202.806,26
MOTOR ELECT. CONDUCTOR DONNELLY # 1	1	\$ 1.610.392,96
MOTOR TALLER REPARACION	1	\$ 1.191.964,54
MOTOR ELECTRICO SIEMENS 1000 KW. MOL # 2	1	\$ 638.008,88
MOTOR CONDUCTOR DONNELLY DE BANDA # 3	1	\$ 1.634.742,13
MOTOR ELECTRI BBA AUXIL REDU BAJA MOL#4	1	\$ 1.077.132,64
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 1.074.438,88
MOTOR ELEC. TANQ.# 3 ASEO-AGUA CALIENTE-	1	\$ 1.796.723,00
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 1.267.156,15

TIPO DE MAQUINA	# DE ORDENES	COSTO EN PESOS
MOTOR ELECT.BOMBA #1 SIST.FARVAL # 1	1	\$ 63.433,37
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 466.859,72
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 389.125,84
MOTOR TALLER ELECTRICO REPARACION	1	\$ 618.480,60
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 529.776,92
SISTEMA ELECTRICO MOTOR BOMBAPRINCIPAL	1	\$ 1.029.817,68
SISTEMA ELECTRICO MOTOR BOMBA # 1	1	\$ 1.072.098,19
MOTOR ELECTRICO TORNO MAQUINADO INTERIOR	1	\$ 583.060,24
MOTOR ELECTRICO SIEMENS 1210 KW. MOL # 1	1	\$ 1.558.207,00
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 942.341,56
SZ-140 VARIADOR DE VELOCIDAD MOTOR MOL#4	1	\$ 1.789.192,25
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 1.994.327,34
MOTOR ELECTRICO SIEMENS 1210 KW. MOL # 6	1	\$ 1.730.884,00
MOTOR ELECT. CONDUCTOR DONNELLY # 5	1	\$ 2.010.347,72
MOTOR TALLER ELECTRICO REPARACION	1	\$ 1.071.749,00
MOTOR BOMBA # 2 TERCER EFECTO EVAPORADOR	1	\$ 1.177.282,85
MOTOR ELECTRICO TALLER REPARACION	1	\$ 420.617,00
MOTOR ELECTRICO BBA#1 CABEZOTESMOLINOS	1	\$ 1.133.645,68
MOTOR ELECTRI BBA AUXIL REDU BAJA MOL#3	1	\$ 1.042.949,04
MOTOR ELECTRICO TORNO PARA MAZAS	1	\$ 338.996,00
MOTOR ELEC. TANQUE # 8 ASEO -AGUA CALIEN	1	\$ 824.924,00
MOTOR AGITADOR TANQUE ALIMENTAC TROMEL	1	\$ 781.020,48
TOTAL		\$ 186.526.284,57

Autor

Historias de mantenimiento del 2011 costo en pesos.

Tabla 19. Historial de mantenimiento 2011 (pesos)

Fecha (2011)	Ubicación	Razón de reparación	Potencia (HP)	Voltaje (V)	RPM	Costo de reparación
Enero	Maceración 3	mantenimiento y rodamiento	25	440	1770	\$ 212.962,00
febrero	Maceración 2	mantenimiento y rodamiento	24	440	1750	\$ 230.000,00
	Alimentador jugo Tromel	Rebobinar	100	440	1770	\$ 4.569.320,00
	Alimentador jugo Tromel	humedad	150	440	1200	No hay precio
	Maceración	mantenimiento y rodamiento	40	440	1770	\$ 320.649,00
Marzo	Puente Grúa	mantenimiento y rodamiento	70	440	1770	\$ 400.897,00
Abril	Conductor de caña 3	mantenimiento y rodamiento	100	440	1770	\$ 489.019,00
Mayo	Maceración 6	Rebobinar	25	440	1770	\$ 1.369.170,00
	Conductor de caña 2	mantenimiento y rodamiento	100	440	1775	\$ 489.019,00
	Conductor de caña 1	mantenimiento y rodamiento	100	440	1775	\$ 489.019,00
	Esparcidor de mesa de bagazo 1	Rebobinar	5	440	1150	\$ 439.281,00
	Donelly 2	mantenimiento y rodamiento	40	440	1770	\$ 320.649,00
TOTAL						\$ 9.329.985,00

Autor

Estas son algunas órdenes de mantenimiento con las cuales cuenta el ingenio, historial detallado de los motor no hay, no se maneja un procedimiento de registro en el almacén para conocer el historia de los motores, por lo cual no se sabe cuántas veces se han reparado los motores y en qué año ingresaron al ingenio, este registro se debe de manejar, es un precedente del motor el cual debemos de tener en cuenta antes de proceder a un mantenimiento o compra, con los motores que cuenta el ingenio es conveniente la compra de nuevos equipos los cuales produzcan un ahorro energético.

Motores de alta eficiencia y motores Premium.

Los motores de alta eficiencia o Premium, son motores considerados para trabajos que exigen una mayor resistencia con el tiempo y variaciones que se puedan presentar:

A Continuación se presenta una tabla comparativa entre motores de alta eficiencia contra los motores Premium.

Tabla 20. Eficiencia entre motores de alta eficiencia y Premium.

Output KW	IE 2 alta eficiencia		IE 3 Premium	
	4 polos	6 polos	4 polos	6 polos
0,75	79,6	75,9	82,5	78,9
1,1	81,4	78,1	84,1	81
3	85,5	83,3	87,7	85,6
4	86,6	84,6	88,6	86,8
5,5	87,7	86	89,6	88
7,5	88,7	87,2	90,4	89,1
11	89,8	88,7	91,4	90,3
15	90,6	89,7	92,1	91,2
18,5	91,2	90,4	92,6	91,7
22	91,6	90,9	93	92,2
30	92,3	91,7	93,6	92,9
37	92,7	92,2	93,2	93,3
45	93,1	92,7	94,2	93,7
55	93,5	93,1	94,6	94,1
75	94	93,7	95	94,6
90	94,2	94	95,2	94,9
110	94,5	94,3	95,4	95,1
132	94,7	94,6	95,6	95,4
160	94,9	94,8	95,8	95,6

Autor.

Especificaciones técnicas de los motores de alta eficiencia y Premium:

Motores NEMA diseñados para aplicaciones severas con eficiencia NEMA Premium. Exceden la norma IEEE Std 841TM-2009 gracias a su alto desempeño, construcción altamente resistente y larga vida útil en las aplicaciones más demandantes. Ideales para ser utilizados en minería, industria petrolera, petroquímica, pulpa y papel, azúcar y metales. Su diseño eléctrico permite que operen a dos tensiones (460V y 575V para todos los tamaños) dándoles flexibilidad. Su capacidad de operación con variador de velocidad (VT 20:1 para tamaños 140 - 440 y CT 4:1 para tamaños 140 - 440) y su alta eficiencia los convierte en una herramienta ideal para el ahorro energético. Su carcasa

en hierro con agujeros anti-condensación les permite soportar con facilidad cargas mecánicas asegurando su integridad estructural y les da resistencia a la corrosión. Su rotor balanceado a la perfección asegura una mayor durabilidad en sus rodamientos. El uso de acero de alta resistencia (C1045) en su eje asegura su capacidad de manejar cargas elevadas. Su ventilador bi-direccional anti chispas fijado al eje con chaveta asegura una refrigeración correcta y segura del motor y está protegido por una caperuza de hierro. Cuenta con rodamientos con grasería y protección externa (doble para tamaños 143T-256T y sencillo 284T-S449T) sobredimensionados para asegurar su larga vida.¹⁵

¹⁵ Gustavo Domínguez 10 marzo 2010 “Eficiencia de motores NEMA Premium Normas y Regulaciones”

ANEXO F. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES

- El recalentamiento de un motor puede ser producido por la obstrucción de los canales de ventilación. Hay que chequearlos y limpiarlos con frecuencia.
- Los cojinetes nuevos hay que guardarlos bien envueltos en sitios limpios. No hay que dejarlos mezclados con la herramienta, ni cerca de limaduras o suciedades.
- Si en un cojinete hay un escape, no hay que seguir poniendo aceite o grasa. Es necesario un chequeo y arreglar la causa de la pérdida.
- En un sistema de tracción, bandas y poleas desajustadas ocasionan sobrecargas en el motor, ineficiencias y pérdidas de energía.
- Las altas temperaturas en el motor son síntoma de sobrecarga y fallas de aislamiento eléctrico, por lo cual se recomienda realizar periódicamente medidas de termografía en los devanados.

Cada semana.

- Verificar las conexiones de la caja de bornes (cables pelados, tuercas no apretadas).
- Examen de los fusibles y de los aparatos de control.
- Verificación del alcance de la velocidad de plena carga en un tiempo normal.
- Verificar la tensión en los bornes del motor.

Cada seis meses.

- Verificar la grasa o el estado del aceite de los cojinetes (excesiva grasa puede producir recalentamiento).
- Examinar las escobillas y porta escobillas (verificar la presión, la correcta posición y el desgaste. Las escobillas que están desgastadas a más de la mitad deben ser sustituidas).
- Escuchar el motor a plena velocidad de carga y observar eventuales ruidos mecánicos, luego desde parado, mover el eje para averiguar eventuales desgastes de los cojinetes.

- Verificar pernos que sujetan la base del motor, los tornillos que sujetan la placa, los escudos, las tapas de los cojinetes y las tapas de protección.
- Inspeccionar el estado de los aparatos de control (arreglar los contactos estropeados y apretar bien las conexiones, verificar el estado de los resortes de los contactos).
- Verificar si por algún fusible quemado, el motor no está trabajando con todas las tres fases.
- Limpiar la suciedad del motor usando aspiradores (los compresores echarían la suciedad en los enrollamientos).

Cada año.

- Limpiar los cojinetes de casquillos y renovar el aceite o grasa (esto es condicionado al ambiente de trabajo del motor).
- Verificar el grado de aislamiento del motor. Si la lectura es inferior a un megohmio ($1M\Omega$) y se presume que el motor esté muy húmedo, entonces hay que secarlo con una estufa hasta que la lectura sea satisfactoria.
- Verificar la corriente absorbida por el motor a plena carga, compararla con la que indica la placa de características y concluir si el motor está sobrecargado.

ANEXO G. CUIDADOS ADICIONALES, RECOMENDABLES PARA MOTORES APLICADOS EN ÁREA DE RIESGO

- Retirá la tensión de alimentación del motor y aguardar que el mismo esté completamente parado antes de ejecutar cualquier proceso de mantenimiento, inspección o arreglo en los motores.
- Todas las protecciones existentes deben estar instaladas y debidamente ajustadas antes de la entrada en operación.
- Certificarse que los motores estén debidamente aterrizados.
- Los terminales de conexión deben estar debidamente conectados de modo a evitar cualquier tipo de mal contacto que pueda generar calentamiento o chispas.

Un buen programa de mantenimiento para motores eléctricos permite que la producción en una empresa no sufra interrupciones, éstos duren más y sus costos totales de operación sean más bajos. Los problemas típicos en los motores se originan con el polvo, la humedad y la suciedad, en conductos de ventilación obstruidos, el sobrecalentamiento de los devanados, corrientes incorrectas y rodamientos desgastados; todo lo anterior se logra prevenir con un mantenimiento periódico.

ANEXO H. IMÁGENES DEL ESTADO DE LOS MOTORES

